

PAT-NO: JP407105288A

DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 07105288 A

TITLE: METHOD FOR OPTIMIZING RESOURCE DISTRIBUTION AND
PRODUCTION PLANNING METHOD

PUBN-DATE: April 21, 1995

INVENTOR-INFORMATION:

NAME

DIETRICH, BRENDA L

WITTROCK, ROBERT J

ASSIGNEE-INFORMATION:

NAME

INTERNATL BUSINESS MACH CORP <IBM>

COUNTRY

N/A

APPL-NO: JP06191472

APPL-DATE: August 15, 1994

INT-CL (IPC): G06F017/60, G06F019/00

ABSTRACT:

PURPOSE: To optimize the production process by designating the amount of various products to be produced containing both the final product and a subassembly to be used for producing one or plural final products concerning methods for schedule of limited material essential factor, optimum resource distribution and production plans.

CONSTITUTION: Concerning this method, a target function for maximizing income is used on the limited conditions of stock of raw materials and tools to be used for the production process. Data describing element step in the production process for producing the respective final products and the amounts required for the respective products to be supplied are presented as a pair of linear mathematical relations in the form of a matrix to be inserted to a computer for determining the optimum number of respective final products according to an LP optimizing algorithm. This matrix contains various restriction such as the restriction to the sum of parts list data and products to be used through shipping as the subassembly, restriction based on the stock, restriction for time usable for using the resources such as tools and restriction for the stock left for following run from the first production run.

COPYRIGHT: (C) 1995, JPO

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平7-105288

(43)公開日 平成7年(1995)4月21日

(51)Int.Cl. ⁶	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 0 6 F 17/60				
19/00		8724-5L	G 0 6 F 15/ 21	R
		8724-5L	15/ 24	

審査請求 有 請求項の数23 OL (全 37 頁)

(21)出願番号 特願平6-191472

(22)出願日 平成6年(1994)8月15日

(31)優先権主張番号 1 0 8 0 1 4

(32)優先日 1993年8月16日

(33)優先権主張国 米国 (US)

(71)出願人 390009531

インターナショナル・ビジネス・マシーン
ズ・コーポレーションINTERNATIONAL BUSIN
ESS MACHINES CORPO
RATIONアメリカ合衆国10504、ニューヨーク州
アーモンク (番地なし)

(72)発明者 プレンダ・エル・ディートリッヒ

アメリカ合衆国10598 ニューヨーク州ヨ
ークタウン・ハイツ グレン・ロック・ス
トリート 1946

(74)代理人 弁理士 合田 潔 (外2名)

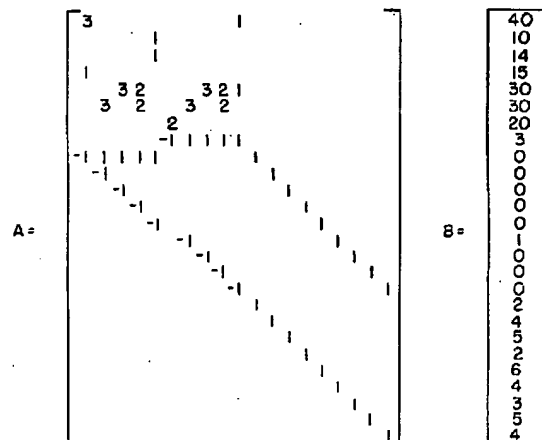
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 資源配分の最適化方法及び生産計画法

(57)【要約】

【目的】 制約付き材料要件計画、最適資源配分、および生産計画の方法は、最終製品と、1つまたは複数の最終製品の製造で使用するべきサブアセンブリを共に含む、生産すべき様々な製品の量を指定することによって、製造プロセスの最適化を図ること。

【構成】 この方法は、最適化を達成するために、製造プロセスで使用するべき原料およびツールの在庫に対する制限がある状況での収入の極大化などの目的関数を使用する。各最終製品を生産するための製造プロセス中の要素ステップと、供給すべき各製品に対する需要の量とを記述するデータは、LP最適化アルゴリズムに従って各最終製品の最適数を決定するコンピュータに挿入すべきマトリックス形式の1組の線形数学関係として提示される。このマトリックスは、部品表データと、サブアセンブリとして出荷され使用される製品の和に対する制約、在庫に基づく制約、ツールなどの資源を使用するために利用可能な時間に対する制約、最初の生産ランで後のラン用に残された在庫に対する制約などの様々な制約を含む。



【特許請求の範囲】

【請求項1】複数の製造手順による異なるタイプの複数の製品の製造で構成要素配分を最適化する方法において、

各前記手順内で、それぞれの前記手順で使用するべき構成要素の量を確定するステップと、

前記構成要素の在庫を提供し、在庫の各種の構成要素を別々のベクトル位置に置くステップと、

個別の行が製品の構成要素それぞれに予約され、各製品タイプごとの別々の列を含む複数の製品列がある、行および列を有するマトリックスの製品列それぞれで前記製品を変数として配列するステップと、

ベクトル中の構成要素タイプの量の位置に対応する各構成要素行で、製品中の各構成要素の量を指定する係数を各列の製品変数に乘じることによって、それぞれの構成要素行の構成要素に対する材料制約を確定するステップと、

前記製品に対する複数の生産制約を介して、それぞれの前記製品タイプの出荷量から、生産される製品タイプの量を減じた値が、在庫中の該製品タイプの量以下になるように制約するステップと、

出荷がマトリックスの別々の出荷列に位置し、前記製品タイプがそれぞれの製品列に位置し、非ゼロ出荷量を有する各製品タイプごとに別々の行がある、マトリックスの追加列それぞれに前記製品タイプの前記生産制約を置くステップとを備え、在庫中の製品タイプの量が、生産制約を有するマトリックス行に対応する前記ベクトルの位置に入力され、

前記製品に対する複数の需要制約を介して、前記製品タイプそれぞれの出荷量がそれぞれの製品タイプに対する需要以下になるように制約するステップと、

出荷がマトリックスの前記出荷列それぞれに位置する前記マトリックスの別々の追加行に前記製品の前記需要制約を置くステップとを備え、前記製品タイプに対する需要が、それぞれの需要制約行に対応する別々の前記ベクトル位置に位置し、

目的関数に従って前記マトリックスおよび前記ベクトルに線形計画最適化を適用し、各前記製品タイプの最適生産量を得るステップとを備えることを特徴とする方法。

【請求項2】各前記製品が価格を有し、前記目的関数が前記製品の販売からの収益を最大にすることである請求項1に記載の方法。

【請求項3】前記製造手順において、選択されたタイプの前記製品の個別の製品が、前記製品のうちの次の1つを作製するために少なくとも1つの前記構成要素と組み合わせるべきサブアセンブリとして働き、前記選択された製品タイプの総量の少なくとも一部が、1つまたは複数の前記製品用のサブアセンブリとして使用される方法において、さらに、

必要がある1つまたは複数の前記製品でサブアセンブリ

として使用される前記製品のタイプそれぞれごとの1組の和制約を介して、前記選択された製品タイプの総量から、生産される選択された製品タイプの量を減じた値が、在庫中の前記選択された製品タイプの量以下になるように制約するステップを備えることを特徴とする請求項1に記載の方法。

【請求項4】前記1組の和制約が少なくとも1つの和制約を備えることを特徴とする請求項3に記載の方法。

【請求項5】選択された製品タイプの前記総量がすべて、1つまたは複数のサブアセンブリに使用されることを特徴とする請求項3に記載の方法。

【請求項6】前記選択された製品タイプの製品のの前記総量が第1の部分および第2の部分の備え、前記第1の部分が、1つの前記製品中のサブアセンブリとして働き、前記第2の部分が、選択された製品の出荷であることを特徴とする請求項3に記載の方法。

【請求項7】前記1組の和制約が少なくとも複数の和制約を備えた方法であって、さらに、選択された製品タイプがマトリックスの異なる行に位置するマトリックスの別々の追加行に前記制約を置くステップを備え、サブアセンブリから生産される製品が前記製品列の対応する列に位置し、前記選択された製品タイプの非ゼロ出荷が前記出荷列の対応する列に位置することを特徴とする請求項6に記載の方法。

【請求項8】前記製造が1組の資源を使用することによって達成され、前記1組の資源の各資源が所定の時間中利用可能である方法において、さらに、前記マトリックス中の追加資源制約行および前記ベクトル中の対応する追加資源制約位置を確定するステップと、

製造で1つの前記資源を使用する各製品ごとに、各製品ごとの前記1つの資源の使用時間を合計し、資源使用時間の前記合計を提供する前記1つの資源のマトリックス行に關係を記載するステップとを備え、資源使用時間の前記合計が、前記ベクトルの対応する資源制約位置に記載された最大資源使用時間以下であることを特徴とする請求項7に記載の方法。

【請求項9】前記製造が複数の期間にわたり、前記材料制約が前記期間のうちの第1の期間に適用される方法において、さらに、前記期間のうちの追加期間に対する追加材料制約を確定するステップと、

前記期間の数に等しい数の1組の追加列をマトリックスに追加して、該期間のうちの前の期間から、該期間のうちの次の期間に使用できるように繰り越す予定の構成要素の繰越し量を指定することによって、すべての前記材料制約を修正するステップとを備え、該繰越し量が、第1の期間に製造が達成された場合はゼロであることを特徴とする請求項8に記載の方法。

【請求項10】前記製造が1組の資源を使用することに

よって達成され、前記1組の資源の各資源が所定の時間中に利用可能である方法において、さらに、前記マトリックス中の追加資源制約行および前記ベクトル中の対応する追加資源制約位置を確定するステップと、

製造で1つの前記資源を使用する各製品ごとに、各製品ごとの前記1つの資源の使用時間を合計し、資源使用時間の前記合計を提供する前記1つの資源のマトリックス行に関係を記載するステップとを備え、資源使用時間の前記合計が、前記ベクトルの対応する資源制約位置に記載された最大資源使用時間以下であることを特徴とする請求項1に記載の方法。

【請求項11】前記製造が複数の期間にわたり、前記材料制約が前記期間のうちの第1の期間に適用される方法において、さらに、

前記期間のうちの追加期間に対する追加材料制約を確定するステップと、

前記期間の数に等しい数の1組の追加列をマトリックスに追加して、該期間のうちの前の期間から、該期間のうちの次の期間に使用できるように繰り越す予定の構成要素の繰越し量を指定することによって、すべての前記材料制約を修正するステップとを備え、該繰越し量が、第1の期間に製造が達成される場合はゼロであることを特徴とする請求項1に記載の方法。

【請求項12】前記製造が1つまたは複数の前記製品に関するリード・タイムを必要とし、前記1つの製品の製造手順を前記複数の期間のうちの後半の期間にずらす次のステップと、前記マトリックス中の前記製品変数を前記第1の期間の行から後の期間の行に変位させるステップとがあることを特徴とする請求項11に記載の方法。

【請求項13】さらに、前記製品に対する追加需要制約を提供するステップと、出荷がマトリックスの前記出荷列それぞれに位置する前記マトリックスの別々の追加行に前記追加需要制約を置くステップとを備え、それぞれの需要制約行に対応するそれぞれの前記ベクトル位置に位置する前記製品タイプに対する追加需要があり、前記追加需要制約に対する量、収益、および損失を含むように前記線形計画目的関数を修正するステップを備えることを特徴とする請求項1に記載の方法。

【請求項14】前記製造手順の個別の手順が、通常使用される前記構成要素の他に代替構成要素も使用することによって達成することができ、

在庫を提供する前記ステップが、前記ベクトルに代替構成要素を置くことを含み、

製品を配置する前記ステップが、代替構成要素用の追加行および代替構成要素で形成された製品用の追加列を確立することを含み、

材料制約を確定する前記ステップが、代替構成要素に対して繰り返されることを特徴とする請求項1に記載の方法。

【請求項15】前記製造が前記製品の他に複数の代替製品も提供する方法において、さらに、前記代替製品用の製造手順を確立するステップを備え、

製品を配置する前記ステップが、代替製品用の追加列を確立することを含み、

材料制約を確定する前記ステップが代替製品に対して繰り返されることを特徴とする請求項1に記載の方法。

【請求項16】前記製造手順において、前記製品のうちの1つの生産用のサブアセンブリとして前記代替製品のうちの1つを使用するステップがあることを特徴とする請求項15に記載の方法。

【請求項17】前記製造手順がunityより少ない製品歩留りを提供する方法において、さらに、

個別の前記製品に関する損失および歩留りを確定するステップを備え、損失が、失った生産量と総生産量の比として表され、歩留りが成功した生産量と総生産量の比として表され、

材料制約を確定する前記ステップにおいて、前記製品の歩留り因子それぞれを前記係数に乘じるステップがあることを特徴とする請求項1に記載の方法。

【請求項18】製品生産量、製品出荷量、在庫量のうちのどれかを含む製造パラメータに関する少なくとも1つの限界を有する1組の限界があり、該限界が上限または下限である方法において、さらに、

製品の製造での限界制約として前記制約を導入するステップと、

前記マトリックスの別々の行に前記限界制約を置くステップとを備え、限界の大きさが、前記ベクトルの対応する位置に置かれることを特徴とする請求項1に記載の方法。

【請求項19】複数の製造手順で複数の資源を使用することによる1組の構成要素からの異なるタイプの複数の製品の製造で資源配分を最適化する方法において、各前記手順内で、それぞれの前記手順で使用すべき資源の量を確定するステップと、

前記資源の在庫を提供し、在庫の各種の資源を別々のベクトル位置に置くステップと、

個別の行が、それぞれの製品の製造で使用される資源それぞれに予約され、各製品タイプごとの別々の列を含む複数の製品列がある、行および列を有するマトリックスの製品列それぞれで前記製品を変数として配列するステップと、

ベクトル中の資源タイプの量の位置に対応する各資源行で、製品の製造で使用すべき各資源の量を指定する係数を各列の製品変数に乘じることによって、それぞれの資源行の資源の組に対する材料制約を確定するステップと、

前記製品に対する複数の生産制約を介して、前記製品タイプそれぞれの出荷量から、生産される製品タイプの量を減じた値が、在庫中の製品タイプの量以下になるよう

に制約するステップと、

出荷がマトリックスの別々の出荷列に位置し、前記製品タイプがそれぞれの製品列に位置し、非ゼロ出荷量を有する各製品タイプごとに別々の行がある、マトリックスの追加列それぞれに前記製品タイプの前記生産制約を置くステップとを備え、在庫中の製品タイプの量が、生産制約を有するマトリックス行に対応する前記ベクトルの位置に入力され、

前記製品に対する複数の需要制約を介して、それぞれの前記製品タイプの出荷量がそれぞれの製品タイプに対する需要以下になるように制約するステップと、

出荷がマトリックスの前記出荷列それぞれに位置する前記マトリックスの別々の追加行に前記製品の前記需要制約を置くステップとを備え、前記製品タイプに対する需要が、それぞれの需要制約行に対応する別々の前記ベクトル位置に位置し、

目的関数に従って前記マトリックスおよび前記ベクトルに線形計画最適化を適用し、各前記製品タイプの最適生産量を得るステップとを備えることを特徴とする方法。

【請求項20】各前記製品が価格を有し、前記目的関数が前記製品の販売からの収益を最大にすることである請求項19に記載の方法。

【請求項21】利益を最大にするための、複数の製造手順での構成要素を含む材料の需要への実現可能な配分を決定する、材料制約付き生産計画法において、需要データ、部品表データ、在庫データ、コスト・データ、および収益データを提供するステップと、各前記手順内で、それぞれの前記手順で使用すべき構成要素の量を確定するステップと、

前記データから前記構成要素の在庫を提供し、在庫の各種の構成要素を別々のベクトル位置に置くステップと、個別の行が製品の構成要素それぞれに予約され、各製品タイプごとの別々の列を含む複数の製品列がある、行および列を有するマトリックスの製品列それぞれで前記製品を変数として配列するステップと、

ベクトル中の構成要素タイプの量の位置に対応する各構成要素行で、製品中の各構成要素の量を指定する係数を各列の製品変数に乘じることによって、それぞれの構成要素行の構成要素の組に対する材料制約を確定するステップと、

前記製品に対する複数の生産制約を介して、それぞれの前記製品タイプの出荷量から、生産される製品タイプの量を減じた値が、在庫中の該製品タイプの量以下になるように制約するステップと、

出荷がマトリックスの別々の出荷列に位置し、前記製品タイプがそれぞれの製品列に位置し、非ゼロ出荷量を有する各製品タイプごとに別々の行がある、マトリックスの追加列それぞれに前記製品タイプの前記生産制約を置くステップとを備え、在庫中の製品タイプの量が、生産制約を有するマトリックス行に対応する前記ベクトルの

位置に入力され、

前記製品に対する複数の需要制約を介して、前記製品タイプそれぞれの出荷量がそれぞれの製品タイプに対する需要以下になるように制約するステップと、

出荷がマトリックスの前記出荷列それぞれに位置する前記マトリックスの別々の追加行に前記製品の前記需要制約を置くステップとを備え、前記製品タイプに対する需要が、それぞれの需要制約行に対応する別々の前記ベクトル位置に位置し、

目的関数に従って前記マトリックスおよび前記ベクトルに線形計画最適化を適用し、利益を最大にするための各前記製品タイプの最適生産量を得るステップと、 出荷計画および生産計画を提供するステップと、

出荷計画および生産計画を製造情報システムに挿入するステップとを備えることを特徴とする方法。

【請求項22】利益を最大にするための、複数の製造手順での構成要素を含む材料の需要への実現可能な配分を決定する、能力制約付き生産計画法において、

需要データ、部品表データ、資源可用性データ、コスト・データ、および収益データを提供するステップと、各前記手順内で、それぞれの前記手順で使用すべき構成要素の量を確定するステップと、

前記データから前記構成要素の在庫を提供し、在庫の各種の構成要素を別々のベクトル位置に置くステップと、個別の行が製品の構成要素それぞれに予約され、各製品タイプごとの別々の列を含む複数の製品列がある、行および列を有するマトリックスの製品列それぞれで前記製品を変数として配列するステップと、

ベクトル中の構成要素タイプの量の位置に対応する各構成要素行で、製品中の各構成要素の量を指定する係数を各列の製品変数に乘じることによって、それぞれの構成要素行の構成要素の組に対する材料制約を確定するステップと、

前記製品に対する複数の生産制約を介して、それぞれの前記製品タイプの出荷量から、生産される製品タイプの量を減じた値が、在庫中の該製品タイプの量以下になるように制約するステップと、

出荷がマトリックスの別々の出荷列に位置し、前記製品タイプがそれぞれの製品列に位置し、非ゼロ出荷量を有する各製品タイプごとに別々の行がある、マトリックスの追加列それぞれに前記製品タイプの前記生産制約を置くステップとを備え、在庫中の製品タイプの量が、生産制約を有するマトリックス行に対応する前記ベクトルの位置に入力され、

前記製品に対する複数の需要制約を介して、前記製品タイプそれぞれの出荷量がそれぞれの製品タイプに対する需要以下になるように制約するステップと、

出荷がマトリックスの前記出荷列それぞれに位置する前記マトリックスの別々の追加行に前記製品の前記需要制約を置くステップとを備え、前記製品タイプに対する需

要が、それぞれの需要制約行に対応する別々の前記ベクトル位置に位置し、
 前記製造が1組の資源を使用することによって達成され、前記1組の資源の各資源が所定の時間中利用可能であり、該方法がさらに、
 前記マトリックス中の追加資源制約行および前記ベクトル中の対応する追加資源制約位置を確定するステップと、
 製造で1つの前記資源を使用する各製品ごとに、各製品ごとの前記1つの資源の使用時間を合計し、資源使用時間の前記合計を提供する前記1つの資源のマトリックス行に関係を記載するステップとを備え、資源使用時間の前記合計が、前記ベクトルの対応する資源制約位置に記載された最大資源使用時間以下であり、
 目的関数に従って前記マトリックスおよび前記ベクトルに線形計画最適化を適用し、利益を最大にするための各前記製品タイプの最適生産量を得るステップと、出荷計画および生産計画を提供するステップと、
 出荷計画および生産計画を製造情報システムに挿入するステップとを備えることを特徴とする方法。
 【請求項23】利益を最大にするように、複数の製造手順での構成要素を含む指定された1組の危機的原料を需要に配分し、次いで、その結果得られる生産計画を分析して、指定された組にないすべての材料の要件を決定する危機的材料要件計画法において、
 需要データ、部品表データ、および在庫データを製造情報システムから抽出するステップと、
 所定の1組の危機的部品にないすべての原料部品番号付き単位と、直接的か、サブアセンブリ上かを問わず、所定の1組の危機的部品にある原料を使用しないすべての製品番号付き単位とを部品表から削除し、それによって縮小部品表を提供するステップと、
 所定の危機的部品リスト上になく、かつ需要を有する、原料部品番号付き単位に関する在庫データを、複数の期間それぞれでの部品番号付き項目それぞれに対する総需要と置換するステップと、
 各前記手順内で、それぞれの前記手順で使用するべき構成要素の量を確定するステップと、
 前記データから前記構成要素の在庫を提供し、在庫の各種の構成要素を別々のベクトル位置に置くステップと、
 個別の行が製品の構成要素それぞれに予約され、各製品タイプごとの別々の列を含む複数の製品列がある、行および列を有するマトリックスの製品列それぞれで前記製品を変数として配列するステップと、
 ベクトル中の構成要素タイプの量の位置に対応する各構成要素行で、製品中の各構成要素の量を指定する係数を各列の製品変数に乘じることによって、それぞれの構成要素行の構成要素の組に対する材料制約を確定するステップと、
 前記製品に対する複数の生産制約を介して、それぞれの

前記製品タイプの出荷量から、生産される製品タイプの量を減じた値が、在庫中の該製品タイプの量以下になるように制約するステップと、
 出荷がマトリックスの別々の出荷列に位置し、前記製品タイプがそれぞれの製品列に位置し、非ゼロ出荷量を有する各製品タイプごとに別々の行がある、マトリックスの追加列それぞれに前記製品タイプの前記生産制約を置くステップとを備え、在庫中の製品タイプの量が、生産制約を有するマトリックス行に対応する前記ベクトルの位置に入力され、
 前記製品に対する複数の需要制約を介して、前記製品タイプそれぞれの出荷量がそれぞれの製品タイプに対する需要以下になるように制約するステップと、
 出荷がマトリックスの前記出荷列それぞれに位置する前記マトリックスの別々の追加行に前記製品の前記需要制約を置くステップとを備え、前記製品タイプに対する需要が、それぞれの需要制約行に対応する別々の前記ベクトル位置に位置し、
 目的関数に従って前記マトリックスおよび前記ベクトルに線形計画最適化を適用し、利益を最大にするための各前記製品タイプの最適生産量を得るステップと、
 出荷計画および生産計画を提供するステップと、
 出荷計画および生産計画を製造情報システムに挿入するステップとを備えることを特徴とする方法。
 【発明の詳細な説明】
 【0001】
 【産業上の利用分野】本発明は、資源割振りおよび生産計画を含む製造資源計画(MRP)を線形計画によって最適化する方法に関し、さらに詳細には、最適資源割振り手順を使用して、MRPプロセスのデータに含めるべき出荷および生産計画を決定することによる、多重レベル・アセンブリ・プロセス用のMRPの最適化に関する。
 【0002】
 【従来の技術】資源割振りを決定する必要は、電話伝送システムでの伝送施設の割当て、工場のプロダクト・ミックスの制御、産業機器の配備、在庫制御などの広範囲の技術産業領域で発生する。この状況での資源割振りは一般に、特定の技術上または産業上の結果のために特定の技術資源または産業資源を配備することを意味する。
 【0003】資源割振りの決定は通常、材料の可用性、機器、時間、コスト、および技術プロセスの結果に影響を及ぼす他のパラメータの限界や、特定のアプリケーションでの特定の資源の効用などの制約に従う。本出願で特に関連する例として、特に、まず様々なタイム・フレーム中に複数の中間製品を形成し、次にそれらを組み合わせて最終製品を提供できるようにしなければならない状況で、半導体デバイスなどの製品を生産するためのMRPを最適化する必要がある。それぞれの特定の資源割振りは、コストや生産される製品の数などの特定の結果

に関連付けることができる。理想的には、すべての制約を満たし、同時に、コストを最小限に抑え、あるいは製造プロセスによって得られるデバイスの数を最大にすることなどによって、その結果得られる利益を最大にするように、資源を割り振る必要がある。

【0004】そのような割振り決定を表す1つの方法は、線形計画モデルとして知られている。そのようなモデルは、マトリックス形式で記載され、割振り間の関係、産業プロセスまたは他の技術プロセスの制約および結果を定量的に表す、多数の線形関係から成る。線形関係では、定数係数の和に未知の割振り値を掛けた値が提供される。多数の資源割振り問題はそのような線形関係では表されず、より大きな累乗または他の方程式変数非線形方程式を含むが、MRPプロセスの最適化は線形モデルとみなされている。線形計画(LP)によるそのようなモデル化は、産業プロセスに対する割り振られた入力間の関係を定義する方程式によって表面上の各ファセットが境界付けられる多次元図形、すなわちpolytopeを提供する多次元ベクトルを含む多次元空間で行われる。LP問題に対する最適化解決策は、一例として、1947年にGeorge Dantzigによって開発されたシンプレックス・アルゴリズムを使用し、あるいは米国特許第4924386号に開示されたより最近のKarmarkarアルゴリズムによって得られている。

【0005】MRP手順を処理するための現在のシステムおよび方法が、一連の製造ステップ用の様々な原料の量、利用可能な機器、利用可能な時間などの所与の1組の入力パラメータに関する、製造設備から産出する予定の半導体デバイスなどの製品の量の予測だけに限られているため、問題が発生する。現在利用可能なシステムおよび方法では、コストの最小限化や産出されるデバイスの数の最大化などの線形目的関数に基づいてMRP用の最適化プロセスを実行することができない。したがって、現在のところ、製造業者は近最適の結果をもたらすことができる可能な1組の入力パラメータを推定し、結果を予測するMRPシステムにこれを適用することができる。しかし、予測された結果が近最適である保証はない。

【0006】製造プロセスを最適化する方法が必要であることは、生産の計画および実施で製造責任者を助けるデータおよびデータ処理方法を含む製造情報システム(MIS)の大規模な世界全体の市場を検討することによって理解することができる。たとえば、MISは需要データ、供給データ、コスト・データ、および部品表データを含み、MRPソフトウェア、能力要件計画(CRP)ソフトウェア、注文追跡ソフトウェア、および財務報告ソフトウェアを含む。MRPだけの市場は数10億ドルである。MISソフトウェアは、メインフレームからデスクトップまでのコンピュータに利用可能である。

【0007】現在利用可能なMISは主として、データ

管理システム向けのものである。最も重要な製造上の決定(たとえば、何を生産するか、どれだけ生産するか、いつどこで生産するか)は最終的に、MISではなく人間によって下される。通常、製造業者は、製造能力および市場の需要に関する知識と共に、直感および経験を使用して、初期生産計画を立てる。次いで、責任者はMRPまたはCRP、あるいはその両方を走らせて、生産計画と資源の可用性との間の矛盾を記述する報告書を作成する。この次に、場合によっては、MRPおよびCRPを再び走らせて生産計画を改訂する。これは時間がかかり、生産プロセスに使用される特定の材料の不足を軽減するように生産計画を改訂するために報告書を解釈することは難しい。実現不能な生産計画を実施しようとする、消費者への出荷の機会を失い、原料の在庫が過度になり、サイクル時間が長くなり、生産上のボトルネックを生じ、能力の利用が不適切になり、作業員が暇になる。生産計画が実現可能なときでも、製造業者は、不足がないことを示す報告書をMRPおよびCRPから受け取るまで、生産計画を自ら改訂する時間のかかるプロセスに対処しなければならない。このプロセスによって、乏しい資源を低利益製品に割り振るなど、資源割振り決定が不適切になることがある。

【0008】現在利用可能なMRPの限界のために、原料またはサブアセンブリの不足である共通の製造上の問題が発生する。たとえば、製造業者が応じられるよりも多くの注文を受けている状況では、製造業者は利益を最大にし、あるいは在庫を最小限に抑え、あるいは他の何らかの目標を満たすように注文に応じたいと考える。

【0009】

【発明が解決しようとする課題】本発明の目的は、制約された材料要件計画、最適資源割振り、および生産計画を提供する方法によって、上述の問題を解決すること、また、他の利点を提供することにより、製造資源計画の最適化を図ることにある。

【0010】

【課題を解決するための手段】本発明によれば、製造プロセスの最適化は、原料の在庫および製造プロセスで使用する予定の工具に関して限界がある状況での収入の最大化などの目的関数を満たすように、最終製品と、1つまたは複数の最終製品の製造で使用するべきサブアセンブリを共に含む、生産する予定の様々な製造製品の量を指定することによって行われる。

【0011】本発明は、多数の製造プロセスで容易に使用される。一例として、かなり関連の深い1つのそのようなプロセスは、チップの形の様々な回路構成要素が、写真製版などによって作られ、共通の基板上で組合わされて、所望のデバイスが作製される半導体回路デバイスの製造である。ウェハは、その上にチップが作られ、様々なタイプのチップ構造を有することができる。該チップ構造が選択され、共通の基板上で接続されて、所望の

11

最終製品が作製される。様々なタイプのチップを選択して相互接続することによって様々な最終製品が生産できると仮定されている。一例として、製造プロセスは、シリコン・ウェハ、および最終製品の構成要素になるようにシリコンに適用される様々なドーパントを含む様々な原料を使用する。写真製版ステップでは、様々なエッチング液およびフォトレジストを使用して、ドーピング領域が形成される。エッチング液およびフォトレジストは、写真製版ステップで消費される材料であり、通常、最終製品には現れない。製造プロセスは、エッチング液、ドーパント、およびフォトレジストの蒸着用の真空チャンバ、様々な製造段階中にウェハ・サブアセンブリを加熱するためのオーブン、光イメージを何度もウェハ上置くためのステップ、ならびに組み合わせて1つまたは複数の最終製品にする予定の様々なチップを、完成されたウェハから、サブアセンブリとして抽出するためのスライス装置などの資源も含む。

【0012】製造プロセスで必要とされる材料の在庫を構成する、シリコン、エッチング液、フォトレジスト、ドーパントなどの材料を含む部品表(BOM)を作成することが習慣になっている。製造プロセスに必要な資源の在庫を構成する真空チャンバ、オーブン、ステップ、スライサなどの資源を含む資源表を作成する習慣もある。要求されただけの最終製品を提供するのに十分な材料の在庫と資源の在庫が共にある場合、MRPを使用して各材料および資源が生産ランにどれだけ必要かを検査し、それによって、十分な在庫があることを保証し、材料の再注文と最終製品の価格付けを迅速化する習慣もある。

【0013】本発明は、1つまたは複数の材料の在庫が不十分であり、場合によっては、生産ランを達成するのに必要な1つまたは複数の資源の必須数が不足している状況向けのものである。この状況では、在庫の制約によって、様々な最終製品の所望の数の一部しか生産できないように製造プロセスが制限される。これによって、製造業者は、利用可能な材料および資源の割振りに関する決定を下して各最終製品の最適数を提供せざるを得なくなる。この最適化は、何らかの目的関数に従って行われる。目的関数の一例として、製造業者は、不十分な在庫の制約の下で製造プロセスを最適化するための基礎として収入または利益の最大化を選択することが多い。従来行われていたように発見的方法によって最適化を実行する代わりに、本発明は、在庫制約が存在するときに目的関数を満たすために生産する予定の各最終製品の必要量を数学的な意味で限定的に定める方法を提供する。

【0014】本発明によれば、各最終製品の生産用の製造プロセスの要素ステップと、供給すべき各最終製品の量または需要とを記述するデータは、コンピュータに挿入すべきマトリックスの形の1組の線形数学関係として提示される。コンピュータは、本発明の好ましい実施例

12

の態様では周知の市販のOSLプログラムやMP5Xプログラムによって実施される前述のシンプレックスなどのLP最適化アルゴリズムに従って、あるいは前述のKarmarkarアルゴリズムによって、各最終製品の最適数を決定する。最適化の結果は次いで、一般的にMRPに含まれる他の製造データと組合わされ、それによって、製造業者は最適出荷計画、対応する生産計画、および部品使用計画を決定することができる。

【0015】本発明の一態様によれば、マトリックスは、(1)材料在庫の不足が制約を提供する状況でのBOMデータと、(2)供給される各製品の量と、サブアセンブリとして使用される最終製品の量との和が、在庫から得られる最終製品の量に製造プロセスで生産される量を加えた値を超えることができない、各最終製品に対する制約の形のステートメントと、(3)供給される製品の量が、在庫から得られる製品の量に製造プロセスで生産される量を加えた値を超えることができない、サブアセンブリを含む各製品に対する制約の形のステートメントと、(4)出荷すべき製品の量が、所望の量を超えることができず、(5)各製品の生産量および各製品の出荷量がゼロより少なくなることがない、各製品に対する制約の形のステートメントとを含む。このマトリックスをAマトリックスと呼ぶ。Aマトリックスの右側には、最終製品と原料のどちらも含む、在庫中の品目の量と、各最終製品に対する需要とに関するデータを含む、bベクトルと呼ばれるベクトルがある。Aマトリックスおよびbベクトルの前記の内容は、資源の制約がないほど十分な資源がある単純な状況を反映している。資源の不足が制約を課す場合、BORデータ、および資源を使用するのに利用可能な時間など資源を使用する上での制約を含む追加ステートメントがある。

【0016】

【実施例】エッチング液、ドーパント、およびフォトレジストの助けによってウェハ26が作製されるシリコンのスラブなどの原材から、様々なチップ22、およびマイクロプロセッサなどの回路モジュール24の形の最終製品を生産するための製造システム20を図1に示す。一例として、システム20は写真製版ステーション28と、2つの真空チャンバ30および32と、2つの洗浄ステーション34および36と、2つのオーブン38および40と、2つのスライシング・ステーション42および44と、組立ステーション46とを備える。写真製版ステーション28はランプ48およびレンズ50を含み、それによって、ランプ48によって放出された光は、レンズ50によって合焦されるフィルム・プレート52を通過して、フィルム・プレート52の主題をウェハ26上に結像する。光は光線54で示されている。ステーション28には、フィルム・プレート52の主題をウェハ26に何度も結像するためにフィルム・プレート52とウェハ26の間に相対変位を導入するためのステ

ッパ56も含まれる。各真空チャンバ30、32は、たとえば、チップ22を含むウェハの製造で使用する予定のエッチング液、ドーパント、およびフォトレジストを含む材料の源58および60などの様々な材料のスパッタリングまたは化学真空蒸着用の装置を有する。

【0017】作動時には、シリコン・スラブがシステム20に取り込まれ、1つの真空チャンバ30または32でフォトレジストを被覆され、フォトレジスト中に画像を生成するために露光される予定のステップパ56に輸送される。次の製造ステップでは、ウェハが洗浄ステーション34、36、真空チャンバ30、32、および写真製版ステーション28の間を輸送され、露光されたフォトレジストの洗浄、ドーパントの蒸着、次のレジスト蒸着およびリソグラフィ、真空チャンバ30および32で蒸着された材料の層の一部に対するエッチングなどの周知の半導体回路製造ステップを達成する。所定の時間間隔中加熱することを必要とする製造ステップは、オープン38および40の内の1つにウェハ26を輸送することによって実行される。ウェハ26の作製の完了時には、ウェハ26が1つのスライシング・ステーション42または44に輸送されて、様々なチップ22が分離される。その内のいくつかは直接、最終製品として分配され、他のものはモジュール24の組立で使用されるサブアセンブリとして働く。

【0018】本発明の例示を容易にするために、共通の写真製版ステーション28および共通の組立ステーション46を共用する2つのチャンネルで部分的にシステム20を示す。したがって、チャンバ30と、オープン38と、スライシング・ステーション42とを備えた上部チャンネルによって生産されるウェハ26と、チャンバ32と、オープン40と、スライシング・ステーション44とを備えた下部チャンネルによって生産されるウェハ26との間でステップパ56の時分割が行われる。2つの洗浄ステーション34および36がそれぞれ、上部チャンネルおよび下部チャンネルに示されているが、2つのチャンネル間で共用される単一の洗浄ステーションを含むシステム20を構成することも可能である。本発明の実施態様では、コストの最小限化や収入の最大化などの目的関数を満たすために、2つのチャンネルの間の資源の時分割を考慮に入れる。上部チャンネルおよび下部チャンネルのチップを同時に運んで組立プロセスを迅速化し、モジュール24の生産時間を最小限に抑えることにより、2つのチャンネルを使用することは組立ステーション46の動作に好都合である。

【0019】図2、3、および4は、システム20によって生産される予定のウェハ26の様々な構成を図示する。図2に示したウェハはA×B型として指定することができ、一例として、1ウェハ当たり1100ドルのコストで50個のA型チップと50個のB型チップとで構成される。図3に示したウェハはA×C型として指定す

ることができ、一例として、1ウェハ当たり1300ドルのコストで70個のA型チップと30個のC型チップとで構成される。A型チップは、比較的低速で動作するC型チップに比べて比較的高速で動作し、B型チップは中間速度で動作する。図4に示したウェハはABC型として指定することができ、一例として、1ウェハ当たり1500ドルのコストで、20個のA型チップと30個のB型チップと50個のC型チップとで構成される。図5は、製品P1として指定することができ、A型チップとB型チップとで構成された、回路モジュール24の比較的高速に動作する構成を示す。図6は、製品P2として指定することができ、A型チップとC型チップとで構成された、回路モジュール24の比較的低速に動作する構成を示す。チップやウェハなどの様々な品目は、部品番号（または単にp/n）によって呼ぶことが多い。

【0020】本発明の動作を以下に、数学的記述によって説明する。しかし、本発明の説明を容易にするために、前記半導体回路製造の製造工程より簡単な製造工程を提示する。したがって、次の説明では、ベッパ、マッシュルーム、バター、卵、ハム、チーズ、およびパンから成る材料の限られた在庫から様々な形のオムレツおよびサンドイッチを生産するレストランを引用する。在庫には、一例として、それぞれ2枚のパンから成るいくつかのプレーン・サンドイッチと、前に作った1つのチーズ・サンドイッチも含まれる。様々な材料の量および様々な製品の販売価格を以下の説明で提示する。オムレツおよびサンドイッチの生産と前記半導体回路製造を類比するために、プレーン・オムレツをそのまま客に出すことができ、あるいはプレーン・オムレツが、チーズを取り入れるためにさらに調理時間がかけられるチーズ・オムレツなどのより複雑なオムレツの生産または製造におけるサブアセンブリとして働くことができると仮定する。他のより複雑なタイプのオムレツと、後述するサンドイッチの様々な形式に、同様なコメントが当てはまる。

【0021】様々なオムレツおよびサンドイッチの調理の説明が完了した後、引き続き、LP最適化を実行するためにコンピュータに挿入するためのマトリックス形式内で、様々な材料の構成と在庫の制約、および在庫の他の制約について説明する。最適化は、本明細書のこの例では、レストランの収入の最大化である目的関数を満たす様々なオムレツおよびサンドイッチの数または量を達成する。トースターやスキレットなど十分な数のレストラン・ツールが不足しているための制約を示し、調理が、早い昼食や遅い昼食など、2つの時間間隔にわたり、早い昼食の後に材料を供給して、早い昼食で残った在庫を補充できる状況向けの本発明の手順を示すための次の例を与える。この次に、数学的説明を行う。

【0022】レストランによる食品の調理についての次の説明では、オムレツおよびサンドイッチの様々な形に

関する表データを1組の表で提示する。ここで、表1は製造プロセスで得られる各食品のコストおよび販売価格と、各食品用のレシピを提示する。このレシピは、材料と、前に完成したサブアセンブリとを使用する製造プロセスに類似のフォーマットで記載されている。たとえば、野菜オムレツは原料、すなわち2オンスのマッシュルームおよび2オンスのピーマンと、1つのサブアセンブリ、すなわち1つのプレーン・オムレツとで構成されたものとして記述されている。野菜オムレツの生産で消費される材料の総量を算出するには、レシピにリストされた材料と、プレーン・オムレツのサブアセンブリを生産する上で使用される材料を共に検討しなければならない。これによって、2オンスのマッシュルーム、2オンスのピーマン、3つの卵、およびティースプーン1杯のバターが与えられる。最終製品の生産で使用されるすべての原料の量をそのように列挙することは、MRPの言語ではエクспローションと呼ばれることが多く、表2に示した様々な食品に対する客の需要を満たすために、表4に関して説明するように各材料または原料の総量をリストする上で使用される。

【0023】たとえば、表2は、客が野菜オムレツを6つ注文したことを示す。したがって、野菜オムレツの4つの材料それぞれの前記量に6を掛けて、野菜オムレツに対する客の需要を満たす上で使用される材料の総量を得る。他の食品それぞれに同様の計算を使用し、結果を合計して、要求されたすべての料理の材料の数量の総計を得る。前の生産ランで残ったチーズ・サンドイッチがレストランにあり、そのサンドイッチを使用して現在の客の需要を満たす場合、現在の生産ランに必要な材料の総量は、残っているチーズ・サンドイッチ中の量だけ少なくなる。同様に、プレーン・サンドイッチが残っている場合（1サンドイッチ当たりパン2枚のみ）、客の需要を満たすのに必要なパンの量は、プレーン・サンドイ

* ッチ中のパンの量だけ少なくなる。表3は、生産ランの始めにコックが利用できる材料をリストしたものである。以下の例で分かるように、表5に示したように余分のものがあるマッシュルームを除き、各材料は不十分であり、あるいは不足している。表5では、次の数学的説明で負の量が現れるのを避けるために、マッシュルームの不足量がゼロとして示されていることに留意されたい。レストランの例は以下のとおりである。

【0024】標準MRPと制約された生産計画の間の違いを示すために、以下の比較的簡単な例を提供する。コックは、オムレツおよびサンドイッチの2種類の料理を作る。コックは、合計で7つの材料（卵、パン、バター、ハム、チーズ、ピーマン、およびマッシュルーム）を使用して、5種類のオムレツおよび5種類のサンドイッチを作る。コックは、オムレツおよびサンドイッチに対する1組の客の注文と、固定された1組の手持ちの材料とを有する。コックの製品のレシピおよび販売価格を表1に示す。

【0025】コックの製品の「部品表」が図7に絵画で表されている。アーク上の数字は利用度を表す。

【0026】表2は、需要を示し、表3は在庫を示す。コックが、ある種の最終製品在庫（1つのチーズ・サンドイッチ）と、ある種のサブアセンブリ在庫（3つのプレーン・サンドイッチ）を有することに留意されたい。表4は、材料に対する総要件を示す（サブアセンブリおよび最終製品の在庫は正味表示されている）。表5は、材料に対する正味要件を示す。表5中の情報は、MRPの通常の出力である。該情報は、最終製品の需要を満たすのにどの追加材料が必要であるかを製造業者に伝える。

【0027】

【表1】

プレーン・オムレツ 2.00ドル	プレーン・サンドイッチ 1.00ドル
卵3つ	パン2枚
ティースプーン1杯のバター	
チーズ・オムレツ 3.00ドル	チーズ・サンドイッチ 1.50ドル
プレーン・オムレツ1つ	プレーン・サンドイッチ1つ
チーズ3オンス	チーズ3オンス
ハム・オムレツ 3.50ドル	ハム・サンドイッチ 2.50ドル
プレーン・オムレツ1つ	プレーン・サンドイッチ1つ
ハム3オンス	ハム3オンス
ハム・チーズ	ハム・チーズ
オムレツ 4.00ドル	サンドイッチ 2.50ドル
プレーン・オムレツ1つ	プレーン・サンドイッチ1つ
チーズ2オンス	ハム2オンス
ハム2オンス	チーズ2オンス
野菜オムレツ 2.75ドル	ハムエッグ・サンドイッチ 3.50ドル
プレーン・オムレツ1つ	プレーン・サンドイッチ1つ
マッシュルーム2オンス	卵1つ

17

ビーマン2オンス

【0028】

【表2】需要

プレーン・オムレツ	2
チーズ・オムレツ	4
ハム・オムレツ	5
ハム・チーズ・オムレツ	2
野菜オムレツ	6
プレーン・サンドイッチ	0
チーズ・サンドイッチ	4
ハム・サンドイッチ	3
ハム・チーズ・サンドイッチ	5
ハムエッグ・サンドイッチ	4

【0029】

【表3】在庫

プレーン・サンドイッチ	3つ
ビーマン	10オンス
マッシュルーム	14オンス
バター	15オンス
卵	40個
ハム	30オンス
チーズ	30オンス
パン	20枚
チーズ・サンドイッチ	1つ

【0030】

【表4】材料に対する総要件

ビーマン	12オンス
マッシュルーム	10オンス
バター	ティースプーン19杯分
卵	61個
ハム	42オンス
チーズ	35オンス 正味35 (チーズ・サンドイッチ1つ在庫)
パン	24枚 24 (プレーン・サンドイッチ正味3つ在庫)

【0031】

【表5】正味要件 (不足)

ビーマン	2オンス
マッシュルーム	0 (余分な在庫)
バター	ティースプーン4杯分
卵	21個
ハム	12オンス
チーズ	5オンス
パン	4枚

【0032】本発明は、制約された生産計画の問題に対処する。本発明の一目的は、各タイプのオムレツおよびサンドイッチを生産する量を求めることである。本発明の方法を以下に、前記作業状況に関して説明する。この問題を数学的に公式化するには、10個の決定変数が必要である。

18

ハム1オンス

*【0033】以下のように定義する。

- x_1 = 生産すべき、プレーン・オムレツの数
- x_2 = 生産すべきチーズ・オムレツの数
- x_3 = 生産すべきハム・オムレツの数
- x_4 = 生産すべきハム・チーズ・オムレツの数
- x_5 = 生産すべき野菜オムレツの数
- x_6 = 生産すべき、プレーン・サンドイッチの数
- x_7 = 生産すべきチーズ・サンドイッチの数
- x_8 = 生産すべきハム・サンドイッチの数
- x_9 = 生産すべきハム・チーズ・サンドイッチの数
- x_{10} = 生産すべきハムエッグ・サンドイッチの数

【0034】この問題を数学的に公式化するには、7つの材料 (卵、バター、マッシュルーム、ビーマン、ハム、チーズ、パン) それぞれに1つ、2つの「サブアセンブリ」 (プレーン・オムレツ、プレーン・サンドイッチ) それぞれに1つの9つの材料平衡制約が必要である。方程式セット (1) および (2) に記載された2組の制約にこの公式化を提示する。

20 【0035】方程式セット (1) は、9つの制約に対応する9つの行を有する。不等号の左側にある変数は、複数の行中の同じ食品を表す変数が同じ列に現れるように配列される。不等号の右側にある変数の列は、表3の在庫と認識される。最初の7行は在庫の7つの食材に関し、最後の2行は在庫の2つのサブアセンブリ (プレーン・オムレツおよびプレーン・サンドイッチ) に関する。変数列の左から最初の10列で、各列は、表1にリストされた製造する予定の食品の特定の1つを表す。各列の最初の7つの行要素も、必要なサブアセンブリを除く、食品を生産するための材料を提示する。各変数の係数は、表1のレシピに従って使用する予定の食品の量を指定する。方程式セットの左側にある変数の第1列は、プレーン・オムレツを1つ作るのに使用する予定の卵およびバターの量を、最初の7つの行要素に示している。左から2列目の変数は、チーズ・オムレツを1つ作るためのチーズの量を、最初の7つの行要素に示している。同様に、左から最初の10列のうちの残りの列は、表1の残りの食品用の材料を、それぞれの最初の7つの行要素に示している。

40 【0036】方程式セット (1) の8行目は、サブアセンブリで使用されるすべてのプレーン・サンドイッチの和から、生産されるプレーン・サンドイッチの量を引いた値が在庫を超えてはならない制約を扱っている。9行目は、(以下で説明する予定の) 左から11列目の項を含み、サブアセンブリで使用されるプレーン・オムレツの和に、直接食べるプレーン・オムレツの量を加えて、生産されるプレーン・オムレツの量を引いた値が在庫を超えてはならない制約を扱っている。

* 50 【0037】方程式セット (2) に関しては、表1の前記10個の食品のうちの1つの生産量で、生産される数

がゼロより少なくなることがないことに留意されたい。
これは、方程式セット2に記載された食品の生産向けの
1組の非負制約を提示する。それぞれの食品を表す変数
は個別に、方程式セットの別々の行に記載され、方程式
セット1の列に対応する列の形で配列されている。

【0038】卵

ピーマン

マッシュルーム

$3x_1$

$2x_5$

$2x_5$

x_1

$3x_3 + 2x_4$

$3x_2$

$+2x_4$

$+3x_6 + 2x_9 + x_{10}$

$+3x_7$

$+2x_9$

$2x_6$

$-x_6 + x_7 + x_8 + x_9 + x_{10}$

$-x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5$

$+s_1$

* バター

ハム

チーズ

パン

プレーン・サンドイッチ

プレーン・オムレツ

【0039】

【数1】

* x_{10}

≤ 40 (卵)

≤ 10 (クリーム・オムレツ)

≤ 14 (マッシュルーム)

≤ 15 (バター)

≤ 30 (ハム) (1)

≤ 30 (チーズ)

≤ 20 (パン)

≤ 3 (プレーン・サンドイッチ)

≤ 0 (プレーン・オムレツ)

x_1

x_2

x_3

x_4

x_5

x_6

x_7

x_8

x_9

x_{10}

≥ 0

≥ 0

≥ 0

≥ 0

≥ 0 (2)

≥ 0

≥ 0

≥ 0

≥ 0

≥ 0

【0040】これらの2組の制約は、利用可能な材料で作ることができる製品の1組の可能な組合せをすべて記述する。これらの制約によって、製品の需要に矛盾する組合せが可能になることに留意されたい。たとえば、点 $x_1=12$ 、 $x_2=12$ 、 $x_3=0$ 、 $x_4=0$ 、 $x_5=0$ 、 $x_6=0$ 、 $x_7=0$ 、 $x_8=0$ 、 $x_9=0$ 、 $x_{10}=0$ は、12個のチーズ・オムレツと、チーズ・オムレツで使用され、他の項では使用されない、12個のプレーン・オムレツに対応し、すべての材料可用性制約および非負制約を満たす。しかし、チーズ・オムレツに対する需要が4しかないので、点(12、12、0、0、0、0、0、0、0、0)は利用可能な材料の良好な割振りを表すとは言えない。

【0041】製品の需要と一貫する生産量の組合せだけを
含むように公式化を制限するには、追加決定変数を導※50

※入しなければならず、このような追加変数を含めるように材料可用性制約(1)を修正しなければならない。

【0042】需要を有する製品ごとに、満たされるその需要の量を表す「出荷」変数が必要である。具体的には、この例の場合、以下のように定義する。

s_1 =客に出されるプレーン・オムレツの数

s_2 =客に出されるチーズ・オムレツの数

s_3 =客に出されるハム・オムレツの数

s_4 =客に出されるハム・チーズ・オムレツの数

s_5 =客に出される野菜オムレツの数

s_7 =客に出されるチーズ・サンドイッチの数

s_8 =客に出されるハム・サンドイッチの数

s_9 =客に出されるハム・チーズ・サンドイッチの数

s_{10} =客に出されるハムエッグ・サンドイッチの数

【0043】プレーン・サンドイッチに対する需要がな

21

いのでs6は必要とされないことに留意されたい。

【0044】需要を有するサブアセンブリ（たとえば、プレーン・オムレツ）に関する材料可用性制約は、客に出される量の和に、他の製品で使用する量を加えた値が、生産量および在庫から得られる量を超えることがないことを反映するように修正される。したがって、

(1)の最終方程式は次式によって与えられる。

$$-x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 + s_1 \leq 0 \text{ (プレーン・オムレツ)}$$

【0045】各最終製品ごとに、客に出される製品の量が、生産量および在庫から得られる製品の量を超えることがないことを記述する制約を追加する。

$$-x_2 + s_2 \leq 0 \text{ (チーズ・オムレツ)}$$

$$-x_3 + s_3 \leq 0 \text{ (ハム・オムレツ)}$$

$$-x_4 + s_4 \leq 0 \text{ (ハム・チーズ・オムレツ)}$$

$$-x_5 + s_6 \leq 0 \text{ (野菜オムレツ)}$$

$$-x_7 + s_7 \leq 1 \text{ (チーズ・サンドイッチ)}$$

$$-x_8 + s_8 \leq 0 \text{ (ハム・サンドイッチ)}$$

$$-x_9 + s_9 \leq 0 \text{ (ハム・チーズ・サンドイッチ)}$$

$$-x_{10} + s_{10} \leq 0 \text{ (ハムエッグ・サンドイッチ)}$$

【0046】要求されたよりも多くの数量を客に出すことができないことを反映するには1組の追加制約が必要である。

$$\text{【0047】 } s_1 \leq 2 \quad s_7 \leq 4$$

$$s_2 \leq 4 \quad s_8 \leq 3$$

$$s_3 \leq 5 \quad s_9 \leq 5$$

$$s_4 \leq 2 \quad s_{10} \leq 4$$

$$s_5 \leq 6$$

【0048】最後に、客に出される各製品の量は0以上でなければならない。

$$\text{【0049】 } s_1 \geq 0 \quad s_7 \geq 0$$

$$s_2 \geq 0 \quad s_8 \geq 0$$

$$s_3 \geq 0 \quad s_9 \geq 0$$

$$s_4 \geq 0 \quad s_{10} \geq 0$$

$$s_5 \geq 0$$

【0050】上記の(1)ないし(5)などの公式をマトリックス表記法で書く際、非負制約(2)および(5)は通常、マトリックスに含まれない。

【0051】したがって、上記の(1)ないし(5)を以下のように書き直すことができる。

【数2】

$$A \begin{pmatrix} X \\ S \end{pmatrix} \leq b$$

$$X \geq 0$$

$$S \geq 0$$

【0052】Aマトリックスおよびbベクトルは、図8に示されており、制約(1)、(3)、(4)を表す。

【0053】 $x = (x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6, x_7, x_8, x_9, x_{10})$

$s = (s_1, s_2, s_3, s_4, s_5, s_7, s_8, s_9, s_{10})$

【0054】Aマトリックスでは、方程式セット(1) 50

22

に記載された変数xの10個の構成要素用のマトリックスの左の部分上に10個の列があり、方程式セット

(3)および(4)に記載された変数sの9個の構成要素用のマトリックスの右の部分上に9つの列がある。最初の8行の係数は、方程式セット(1)の最初の8行に記載されたx構成要素の係数と同じである。マトリックスの9行目の係数は、マトリックスの9行目中の最初の5列の係数が方程式セット(1)の9行目の5つのx係数と同じになり、マトリックスの最初のs列の係数が方程式セット(1)の9行目中の単独のs構成要素の係数と同じになるように、方程式セット(1)の9行目の係数に対応する。方程式セット(1)の9つの行中の不等号の右辺にある項は、図8のbベクトルの対応する9つの場所にある。Aマトリックスの次の8つの行(行10ないし行17)は、方程式セット(3)の8つの行に記載されたx構成要素およびs構成要素の係数と同じ係数を有する。方程式セット(3)の8つの行中の不等号の右辺にある項は、bベクトルの対応する8つの場所にある。同様に、Aマトリックスの最後の9つの行およびbベクトルの9つの場所中の項は、方程式セット(4)の9つの行中の項に対応する。Aの左上角が部品表を示し、すなわち、行iが材料iに対応し、列jが製品jの生産量に対応する場合、 a_{ij} (Aのi行目、j列目の項)が製品jでの材料iの使用状況であることに留意されたい。bベクトルの上部は材料の可用性に対応するが、bベクトルの下部は需要に対応する。

【0055】制約(1)ないし(5)は、材料の可用性を満たし、需要を超えない、生産量と出荷量(客に出される数量)の1組の組合せをすべて記述する。多数の可能な点のうちのどれが「最良」であるかを決定するには、目的関数を公式化する必要がある。この場合、総収益を目的として使用する。ここでの目標は、収益を最大にすること、すなわち、(1)ないし(5)を満たすすべての点の中で、次式を最大にする点(x、s)である。

$$\text{【0056】 } 2s_1 + 3s_2 + 3.5s_3 + 4s_4 + 2.75s_5 + 1.50s_7 + 2.50s_8 + 3.00s_9 + 3.50s_{10}$$

【0057】ここで、s構成要素の係数は、表1に記載された様々な良好な製品の価格である。cがベクトル(2、3、3.5、4、2.75、1.5、2.5、3、3.5)を示すようにする。ここで、ベクトル構成要素は1組の価格である。すると、生産量出荷量計画を最大にする収益を決定する問題は、ドット製品を最大にすることになる。すなわち、以下のとおりである。

【0058】

【数3】

$$\begin{aligned} & \text{Max } c^T x \\ & A \begin{pmatrix} S \\ X \end{pmatrix} \leq b \\ & \text{for } x \geq 0 \\ & \text{and } S \geq 0 \end{aligned}$$

【0059】この問題は、Dantzigのシンプレックス・アルゴリズムやKarmarkarの内点アルゴリズムなどの様々な技術によって解決できる線形計画である。

【0060】この特定のLPの最適な解決策は以下のとおりである。

【0061】 $x_1 = 12$ $s_1 = 0$

$x_2 = 4$ $s_2 = 4$

$x_3 = 1$ $s_3 = 1$

$x_4 = 2$ $s_4 = 2$

$x_5 = 5$ $s_5 = 5$

$x_6 = 10$

$x_7 = 1$ $s_7 = 2$

$x_8 = 3$ $s_8 = 3$

$x_9 = 5$ $s_9 = 5$

$x_{10} = 4$ $s_{10} = 4$

【0062】この解決策が在庫可用性に関して実現可能であることに留意されたい。すなわち、出荷ベクトル s に標準MRP論理を適用し、該ベクトルを需要とみなす場合、材料の不足は発生しない。

【0063】この特定の場合、LP解決策を実際の生産計画に変換することは極めて容易である。合計で12個のオムレツが作られ、4つはチーズ・オムレツに、1つはハム・オムレツに、2つはハム・チーズ・オムレツに、5つは野菜オムレツに使用される。これらはすべて客に出される。プレーン・オムレツは客に出されない。在庫のチーズ・サンドイッチは客に出される。合計で10個のプレーン・サンドイッチが作られる。これらは、在庫にある3つのプレーン・サンドイッチと共に、チーズ・サンドイッチ1つ、ハム・サンドイッチ3つ、ハム・チーズ・サンドイッチ5つ、およびハムエッグ・サンドイッチ4つを作るために使用される。これらはすべて客に出される。

【0064】合計で40個の卵が使用され（36個はオムレツに、4つはハムエッグ・サンドイッチに）、30オンスのハムが使用され、20枚のパンと3つのプレーン・サンドイッチが使用され、10個のピーマンが使用されることに留意されたい。これらの品目の残りの在庫はない。合計で10オンスのマッシュルームが使用され、したがって4オンスが残り、ティースプーン12杯分のバターが使用され、したがってティースプーン3杯分が残り、27オンスのチーズが使用され、したがって3オンスが残る。オムレツとサンドイッチのこの組合せは、利用可能な在庫から得ることができる。さらに、残りの在庫からは追加オムレツも追加サンドイッチも作れ

24

ない。この資源配分の価値は75ドルである。利用可能な在庫から得られ、75ドルよりも高い価値を有する、オムレツとサンドイッチの組合せは他にない。

【0065】オムレツとサンドイッチの調理における前記の例では、食材の在庫に制約が課された。ここで、例を拡張して、食品の調理に使用される機器の可用性にも制約が存在する資源表を含める。したがって、材料（たとえば、食品）の他に、スキレットおよびトースターの2つの資源の可用性も検討する。

【0066】これらの資源の使用要件を以下のチャートによって示す。

【0067】トースター スキレット

プレーン・オムレツ 3分

チーズ・オムレツ 3分

ハム・オムレツ 2分

ハム・チーズ・オムレツ 4分

野菜オムレツ 1分

プレーン・サンドイッチ 3分

チーズ・サンドイッチ 3分

20 ハム・サンドイッチ 2分

ハム・チーズ・サンドイッチ 2分

ハムエッグ・サンドイッチ 2分 5分

【0068】総要件

トースター 24分

スキレット 110分

【0069】これらの資源に対する総要件は、資源表エクスプロージョンに類似の論理を使用して算出される。チーズ・オムレツには、プレーン・オムレツを作る「部分組立」プロセスに3分、チーズおよびプレーン・オムレツからチーズ・オムレツを作る最終組立プロセスに3分の合計で6分のスキレット時間が必要であることに留意されたい。

【0070】20分間利用可能な1つのトースターと、それぞれ15分間利用可能な6つのスキレットがあると仮定する。

【0071】以下のように、これらの2つの資源の可用性を表す制約を含むようにLP(1)-(5)を修正する。

【0072】

$$3x_1 + 3x_2 + 2x_3 + 4x_4 + x_5 + 3x_7 + 5x_{10} \leq 90$$

$$2x_8 + 2x_9 + 2x_{10} \leq 20$$

【0073】(6)中の第1の不等号は、スキレットが使用される総時間が、スキレットが利用可能な総時間を超えないことを示す(90=6×15)。第2の不等号は、トースターが必要とする総時間が、トースター上で利用可能な時間を超えないことを示す。

【0074】制約(1)-(5)を含む前のLPに対する最適な解決策では、76分のスキレット時間および24分のトースター時間が使用され、したがって、資源可用性制約(6)に関しては実現不能であることに留意さ

りたい。

【0075】単にAマトリックスおよびbベクトルに制約(6)を追加し、その結果得られるLPを解決することによって材料可用性制約および資源可用性制約を同時に満たす最適な解決策を見つけることができる。

【0076】 $\max \quad cx$

s. t 制約(1)、(2)、(3)、(4)、(5)、(6)

【0077】あるいはA'およびb'がそれぞれ、拡大されたAマトリックスおよびbベクトルを示すようにする10

【0078】

【数4】

$$A' \begin{pmatrix} X \\ S \end{pmatrix} \leq b' \\ X \geq 0 \\ S \geq 0$$

【0079】この新しい拡大されたLPの最適な解決策は以下によって与えられる。

【0080】

$x_1=12 \quad x_6=10 \quad s_1=0 \quad s_7=3$
 $x_2=2 \quad x_7=2 \quad s_2=2 \quad s_8=1$
 $x_3=3 \quad x_8=1 \quad s_3=3 \quad s_9=5$
 $x_4=2 \quad x_9=5 \quad s_4=2 \quad s_{10}=4$
 $x_5=5 \quad x_{10}=4 \quad s_5=5$

【0081】この解決策の価値は73.25ドルであり、制約(1)～(5)だけで定義される配分問題の解決策の価値よりも少ない。

【0082】多期間モデルの例

	最初の在庫	新しい供給
プレーン・サンドイッチ	2	0
チーズ・サンドイッチ	1	0
パン	20枚	30枚
ハム	25オンス	15オンス
チーズ	30オンス	20オンス
卵	5	2

【0089】以下のように資源可用性(分単位)を与えることができる。

【0090】

	早い昼食	遅い昼食
トースター	40	30
スキレット	15	20

【0091】

材料に対する総要件

	早い昼食	遅い昼食
パン	44	58
チーズ	24	36
ハム	36	46
卵	3	4

【0092】

* 単期間モデルを多期間モデルに拡張するには、追加決定変数および追加決定制約が必要である。これらの変数および制約は、在庫(原料、サブアセンブリ、および製品)と、1つの期間から次の期間に繰り越される需要バックログを追跡するために使用される。

【0083】多期間モデルの場合、以下のように仮定する。

1. 1つの期間中の満たされない需要は次の期間に満たすことができる。

2. 1つの期間中の未使用材料は、次の期間に使用することができる。

3. 1つの期間中の未使用能力(資源)は、次の期間に使用することができる。

【0084】多数の製造会社でこれらの仮定は現実的である。一例として、食品の例を続けるが、サンドイッチだけに限定する。たとえば早い昼食期間および遅い昼食期間の2つの期間を検討し、材料の配達に2つの昼食期間の間に到着すると仮定する。

【0085】以下のように需要を与えることができる。

20 【0086】

	早い昼食	遅い昼食
プレーン・サンドイッチ	4	2
チーズ・サンドイッチ	5	6
ハム・サンドイッチ	7	8
ハム・チーズ・サンドイッチ	6	9
ハムエッグ・サンドイッチ	3	4

【0087】以下のように供給を与えることができる。

【0088】

*

最初の在庫 新しい供給

※ 資源に対する総要件

	早い昼食	遅い昼食
トースター	32	42
スキレット	27	38

【0093】

材料に対する正味要件

	早い昼食	遅い昼食
パン	24	28
チーズ	—	10
ハム	11	31
卵	—	—

【0094】

※50

27

資源に対する正味要件

早い昼食 遅い昼食

トースター - 12

スキレット 12 18

【0095】早い昼食期間の終りに残っている余分なチーズ(6=30-24)が、遅い昼食期間に使用され(6+20-30=10)、それによって、チーズに対する遅い昼食期間正味要件が16ではなくたったの10になることに留意されたい。これに対して、早い期間中にトースターに利用可能な余分な時間を遅い昼食期間に使用することはできない。

【0096】2期間モデル用に線形プログラミングを定式化するには何らかの追加決定変数が必要である。

【0097】 v_6 =早い昼食期間の終りに在庫に保持されているプレーン・サンドイッチの数

【0098】 v_7 =早い昼食期間の終りに在庫に保持されているチーズ・サンドイッチの数

【0099】 v_8 =早い昼食期間の終りに在庫に保持されているハム・サンドイッチの数

【0100】 v_9 =早い昼食期間の終りに在庫に保持されているハム・チーズ・サンドイッチの数

【0101】 v_{10} =早い昼食期間の終りに在庫に保持されているハムエッグ・サンドイッチの数

【0102】 v_{11} =早い昼食期間の終りに在庫に保持されているパンの数

【0103】 v_{12} =早い昼食期間の終りに在庫に保持されているチーズの量

$$2x_{6,e} +$$

$$3x_{7,e} +$$

$$2x_{9,e}$$

$$3x_{8,e} + 2x_{9,e} + x_{10,e}$$

$$x_{8,e}$$

$$+ x_{10,e}$$

$$-x_{6,e} + s_{6,e} + x_{7,e} + x_{8,e} + x_{9,e} + x_{10,e} + v_6 = 2 \text{ (プレーン・サンドイッチ)}$$

$$-x_{7,e} + s_{7,e} + v_7 = 1 \text{ (チーズ・サンドイッチ)}$$

$$-x_{8,e} + s_{8,e} + v_8 = 0 \text{ (ハム・サンドイッチ)}$$

$$-x_{9,e} + s_{9,e} + v_9 = 0 \text{ (ハム・チーズ・サンドイッチ)}$$

$$-x_{10,e} + s_{10,e} + v_{10} = 0 \text{ (ハムエッグ・サンドイッチ)}$$

$$2x_{8,e} + 2x_{9,e} + 2x_{10,e} \leq 40 \text{ (トースター)}$$

$$3x_{7,e} + 5x_{10,e} \leq 15 \text{ (スキレット)}$$

【0113】単期間モデルでは、資源可用性および材料可用性の制約が不等号であったことに留意されたい。多期間モデルでは、1つの期間から次の期間への在庫の繰越しを追跡する必要がある。1つの期間から次の期間に繰り越される在庫は、該1つの期間の始めに利用可能だ※

28

*【0104】 v_{13} =早い昼食期間の終りに在庫に保持されているハムの量

【0105】 v_{14} =早い昼食期間の終りに在庫に保持されている卵の量

【0106】モデルは、生産変数 x と、2つの昼食期間それぞれ中の5つの製品それぞれに関するサービス変数とを含まなければならない。

【0107】早い(遅い)昼食期間に生産されるプレーン・サンドイッチの数を $x_{6,e}$ ($x_{6,l}$)で示す。

【0108】同様に、 $x_{7,e}$ および $x_{7,l}$ は、早い昼食期間および遅い昼食期間中のチーズ・サンドイッチの生産量を示し、 $x_{8,e}$ および $x_{8,l}$ は、早い昼食期間および遅い昼食期間中のハム・サンドイッチの生産量を示す。

$x_{9,e}$ および $x_{9,l}$ —ハム・チーズ・サンドイッチ

$x_{10,e}$ および $x_{10,l}$ —ハムエッグ・サンドイッチ

【0109】再び、 s を使用して、客に出されるサンドイッチの数を示す。第1の添字は部品番号(サンドイッチ・タイプ)を示し、第2の添字は昼食期間を示す。

【0110】たとえば、 $s_{7,e}$ は、早い昼食期間に客に出されるチーズ・サンドイッチの数である。

【0111】線形計画モデルには、各期間中の各部品番号に対する材料可用性制約と、各需要および各期間に対するサービス(出荷)累積制約が必要である。

【0112】第1の期間の場合、制約は以下の形をとる。

【数5】

$$v_{11} = 20 \text{ (パン)}$$

$$+v_{12} = 30 \text{ (チーズ)}$$

$$+v_{13} = 25 \text{ (ハム)}$$

$$+v_{14} = 5 \text{ (卵)}$$

※った材料の量から、該1つの期間中に使用されるものを減じた値に丁度等しい。

【0114】第2の期間(遅い昼食)の場合、材料可用性および資源可用性の制約は以下の形をとる。

【数6】

$$\begin{array}{rcll}
& 29 & & 30 \\
-v_{11} + 2x_{6,1} & & & \leq 30 \text{ (パン)} \\
-v_{12} + 3x_{7,1} & & +2x_{9,1} & \leq 20 \text{ (チーズ)} \\
-v_{13} & +3x_{8,1} & +2x_{9,1} & +x_{10,1} \leq 15 \text{ (ハム)} \\
& -v_{14} & & +x_{10,1} \leq 2 \text{ (卵)} \\
-v_6 & -x_{6,1} & +s_{6,1} +x_{7,1} & +x_{8,1} +x_{9,1} +x_{10,1} \leq 0 \text{ (プレーン・サンドイッチ)} \\
-v_7 & -x_{7,1} & & +s_{7,1} \leq 0 \text{ (チーズ・サンドイッチ)} \\
-v_8 & -x_{8,1} & & +s_{8,1} \leq 0 \text{ (ハム・サンドイッチ)} \\
-v_9 & & -x_{9,1} & +s_{9,1} \leq 0 \text{ (ハム・チーズ・サンドイッチ)} \\
-v_{10} & & -x_{10,1} & +s_{10,1} \leq 0 \text{ (ハムエッグ・サンドイッチ)} \\
2x_{8,1} & +2x_{8,1} & +2x_{10,1} & \leq 30 \text{ (トースター)} \\
3x_{7,1} & & +5x_{10,1} & \leq 30 \text{ (スキレット)}
\end{array}$$

【0115】第2の期間用の材料平衡定数では、第1の期間の終りに残っている供給が追加材料可用性に含まれることに留意されたい。また、この場合、期間が2つしかないの、遅い期間の終りに利用可能な在庫を追跡するための追加変数は必要とされず、材料可用性制約は不等号である。

【0116】在庫が非負でなければならないことを指定する、在庫変数に対する制約も含める。

【0117】 $v_7 \geq 0$ 、 $v_8 \geq 0$ 、 $v_9 \geq 0$ 、 $v_{10} \geq 0$ 、 $v_{11} \geq 0$ 、 $v_{12} \geq 0$ 、 $v_{13} \geq 0$ 、 $v_{14} \geq 0$

【0118】材料可用性および資源可用性の制約の他に、需要またはバックログの累積制約およびバックログ変数が必要である。

【0119】各製品ごとに、早い期間に満たされなかった需要の量を表すバックログ変数を定義する（1つの期間中の単位需要を後の期間に満たせる仮定を想起されたい）。

【0120】 b_6 = 早い昼食で残ったプレーン・サンドイッチに対する需要のバックログ

b_7 = 早い昼食で残ったチーズ・サンドイッチに対する需要のバックログ

b_8 = 早い昼食で残ったハム・サンドイッチに対する需要のバックログ

b_9 = 早い昼食で残ったハム・チーズ・サンドイッチに対する需要のバックログ

b_{10} = 早い昼食で残ったハムエッグ・サンドイッチに対する需要のバックログ

【0121】単期間モデル中の制約(4)は、以下の1組の制約と置換される。

$$s_{6,e} + b_6 = 4$$

$$s_{7,e} + b_7 = 5$$

$$s_{8,e} + b_8 = 7$$

$$s_{9,e} + b_9 = 6$$

$$s_{10,e} + b_{10} = 3$$

*【0122】したがって、たとえば、 $b_7 = 5 - s_{7,e}$ は、早い昼食期間に要求されたチーズ・サンドイッチの数から早い昼食期間に客に出されたチーズ・サンドイッチの数を減じた値、すなわち、遅い昼食期間用のチーズ・サンドイッチのバックログである。

【0123】遅い昼食期間の場合は、以下のとおりである。

$$s_{6,1} - b_6 \leq 2$$

$$s_{7,1} - b_7 \leq 6$$

$$s_{8,1} - b_8 \leq 8$$

$$s_{9,1} - b_9 \leq 9$$

$$s_{10,1} - b_{10} \leq 4$$

【0124】これらの不等号は、たとえば、遅い昼食期間に客に出されるチーズ・サンドイッチの数が、早い昼食期間から得たバックログと遅い昼食期間中の新しい需要との和を超えることがないことを示す。

【0125】単期間の例のように、すべてのモデル変数、 x 、 v 、 s 、 b は非負である必要がある。

【0126】目的関数は再び、収益の最大化である。

【0127】max

$$1.00 s_{6,e} + 1.50 s_{7,e} + 2.50 s_{8,e} + 3.00 s_{9,e} + 3.50 s_{10,e}$$

$$1.00 s_{6,1} + 1.50 s_{7,1} + 2.50 s_{8,1} + 3.00 s_{9,1} + 3.50 s_{10,1}$$

【0128】この問題は以下のように書くことができる。

【数7】

$$\begin{aligned}
 & \max c^T s \\
 & \text{s.t. } A_1 \begin{pmatrix} x \\ s \\ v \\ b \end{pmatrix} = f_1 \\
 & \quad A_2 \begin{pmatrix} x \\ s \\ v \\ b \end{pmatrix} \leq f_2 \\
 & x \leq 0, s \leq 0, v \leq 0, b \leq 0
 \end{aligned}$$

【0129】在庫およびバックログを1つの期間から次の期間に繰り越すこの概念は、任意の多数の期間を含むモデルに拡張することができる。

【0130】線形プログラムの目的関数は、モデル変数の線形組合せである追加項を含むことができる。たとえば、該目的関数は、各製品の製造コストを表す項を適当な生産変数 x の倍数として、バックログ・コストを表す項をバックログ変数 b の倍数として、保持コストを表す項を在庫変数 v の倍数として含むことができ、以下同様である。

【0131】上記に提示した特定の問題の場合、最適な解決策は以下のとおりである。

$$\begin{aligned}
 s_{e,6} &= 0 & x_{e,6} &= 10 \\
 s_{e,7} &= 1 & x_{e,7} &= 0 \\
 s_{e,8} &= 1 & x_{e,8} &= 1 \\
 s_{e,9} &= 1 & x_{e,9} &= 8 \\
 s_{e,10} &= 3 & x_{e,10} &= 3 \\
 s_{l,6} &= 4 & x_{l,6} &= 15
 \end{aligned}$$

$$\sum_{d \in D} s_{d,t} + \sum_{k \in J} a_{jk} x_{k,t} + v_{j,t} + v_{j,t-1} - x_{j,t} - v_{j,t-1} = e_{j,t}$$

【0139】ここで、

【数11】

$$\begin{aligned}
 & \sum_{d \in D} \\
 & \text{s.t. } p(d) = j
 \end{aligned}$$

$s_{d,t}$ は、部品番号 j に対するすべての需要 d に対する、期間 t 中のこの部品番号 $\{d \in D \mid p(d) = j\}$ の総出荷量である。

【0140】和

【数12】

$$\sum_{k \in J} a_{jk}$$

$x_{k,t}$ は、他のすべての部品番号での部品番号 j の総利用※50

32

$$\begin{aligned}
 * s_{l,7} &= 0 & x_{l,7} &= 0 \\
 s_{l,8} &= 0 & x_{l,8} &= 0 \\
 s_{l,9} &= 9 & x_{l,9} &= 7 \\
 s_{l,10} &= 4 & x_{l,10} &= 4
 \end{aligned}$$

【0132】LP定式化ステップ

1. 生産変数を定義する。

j が製品の部品番号である(部品表または資源表、あるいはその両方を有する)場合、変数 $x_{j,t}$ が必要であり、該変数は部品番号 j を完成することができる期間である。

【0133】2. 在庫変数を定義する。

p/nj の余分な在庫を期間 t から期間 $t+1$ に繰り越すことができる場合、部品番号 j の $v_{j,t}$ が必要である。

【0134】3. 廃棄変数を定義する。

p/nj の余分な在庫を期間 t の終りに廃棄できる場合、部品番号 j の

【数8】

v

は以降 v ハットと記載する。 j, t が必要である。

【0135】4. 資源余剰変数を定義する。

各資源 r および各期間 t ごとの $u_{r,t}$

【0136】5. 出荷変数を定義する。

各需要 d および各期間 t ごとの $s_{d,t}$

【0137】6. バックログ変数を定義する。

次式が成立するための各需要 d および各期間 t ごとの $b_{d,t}$

【数9】

$$\sum_{\tau \leq t} q_{d,\tau} > 0$$

30 【0138】7. 在庫平衡制約および右辺を定義する。すべての部品 j およびすべての期間 $t-1$ に関する

【数10】

*

※度である。係数 a_{jk} は、部品表データから得られる。

【0141】量 $v_{j,t}$ は、期間 t の終りから期間 $t+1$ に繰り越される予定の部品番号 j の在庫量である。

40 【0142】量 v ハット j, t は、期間 t の終りに廃棄される予定の部品番号 j の量である。

【0143】量 $x_{j,t}$ は、期間 t 中に生産を完了し、かつ出荷に使用し、あるいは他の製品で使用することができる、部品番号 j の量である。この変数は、部品番号 j が製品である場合にしか存在しない。

【0144】量 $e_{j,t}$ は、期間 t 中に外部源(購入など)から得られる部品番号 j の量である。 $e_{j,t}$ は、供給データまたは材料可用性データから得られる。

【0145】最後に、量 $v_{j,t-1}$ は、期間 $t-1$ の終りに利用可能なままであり、期間 t に繰り越された、部品

33

番号jの量である。

【0146】ステップ8: 資源可用性制約および右辺を定義する。

【数13】

$$\sum_{j \in J} g_{r,j} x_{j,t} + u_{r,t} = c_{r,t} \quad \forall r, t$$

【0147】和

【数14】

$$\sum_{j \in J}$$

$g_{r,j} x_{j,t}$ は、期間tにすべての部品番号によって使用される資源rの総量である。係数 $g_{r,j}$ は資源データ表から得られる。

【0148】量 $u_{r,t}$ は、期間tに未使用のままの資源rの量である。量 $c_{r,t}$ は、期間tに利用可能な資源rの量である。この量は、資源可用性データから得られる。

$$\sum_{t \in T} \left(\sum_{j \in J} H_{j,t} v_{j,t} + \sum_{j \in J} S_{j,t} v_{j,t} + \sum_{d \in D} P_{d,t} b_{d,t} - \sum_{d \in D} R_{d,t} s_{d,t} + \sum_{r \in R} Q_{r,t} u_{r,t} \right)$$

【0156】 $H_{j,t}$ は、期間t中のp/njに関する保持コストまたは保管コストである。

【0157】 $S_{j,t}$ は、期間t中のp/njの廃棄コストである。

【0158】 $P_{d,t}$ は、期間t中の需要dに関するバックログ損失である。

【0159】 $R_{d,t}$ は、期間t中の需要dに関する出荷収益である。

【0160】 $Q_{r,t}$ は、期間t中の資源rの余剰コストである。

【0161】これらの係数はすべて、コストまたは収益のデータから得られる。

【0162】ステップ12（任意選択）

代替制約および代替変数と、目的関数係数とを定義する。材料可用性および資源可用性の制約と、目的関数とを修正する。

【0163】ステップ13（任意選択）

代替BOMないしBOR変数、制約、および目的関数係数を定義する。材料可用性および資源可用性の制約を修正する。リンク制約を追加し、必要に応じて、目的関数を修正する。

【0164】ステップ14（任意選択）

分離変数を定義し、材料可用性および資源可用性の制約を修正し、目的関数を修正する。

【0165】本発明の使用は一般に、生産計画を含み、変動する需要要件を満たすように生産レベルおよび在庫レベルを決定することに関する。必要に応じて資源を得ることができ、工場の能力が無限に拡張可能でありかつコストなしで縮小可能である場合、最適な生産計画は、※50

34

*【0149】ステップ9 バックログ制約および右辺を定義する。 $b_{d,t} - b_{d,t-1} + s_{d,t} = q_{d,t} \quad \forall d, t$

【0150】 $b_{d,t}$ は、需要dに関する期間tの終りでのバックログである。

【0151】 $b_{d,t-1}$ は、需要dに関する期間t-1の終りでのバックログである。

【0152】 $q_{d,t}$ は、期間t中の需要dでの要求された量である。これは、需要データから得られる。

10 【0153】 $s_{d,t}$ は、期間t中の需要dに対する出荷量である。

【0154】ステップ10 すべての変数に対する非負制約を定義する。

$$x_{j,t} \geq 0 \quad u_{r,t} \geq 0$$

$$s_{d,t} \geq 0 \quad v_{j,t} \geq 0$$

$$b_{d,t} \geq 0 \quad \forall \text{ハット } j, t \geq 0$$

【0155】ステップ11 目的関数係数を定義する。

【数15】

$$\sum_{t \in T} \left(\sum_{j \in J} H_{j,t} v_{j,t} + \sum_{j \in J} S_{j,t} v_{j,t} + \sum_{d \in D} P_{d,t} b_{d,t} - \sum_{d \in D} R_{d,t} s_{d,t} + \sum_{r \in R} Q_{r,t} u_{r,t} \right)$$

※需要計画に応じて最終製品を生産し、次の組立プロセスへの入力として丁度必要なときにサブアセンブリ（すなわち、中間製品）を生産することから成る。しかし、実際の組立システムの多くでは、ある種の原料の供給が厳しく制約され、生産ないし調達のリード・タイムが長い。製品に対する需要は、総量でも製品配合でも変動する。その結果、無在庫生産は通常実現不能であり、実現可能なときは、資源の利用度が低下する。本ツールは、需要要件の現在の予測が与えられている場合、利用可能な資源の最良の利用度を求める方法を提供する。

【0166】在庫平衡方程式と利益極大化目標関数が共に線形なので（以下の定式化を参照）、資源配分問題に線形計画方法を検討することは驚くべきことでも、新しいことでもない。いくつかの「模範的な」定式化が発表されている。しかし、在庫管理の文献では、線形計画を資源計画に使用することに警告を与えられている。なぜなら、マルチレベル組立プロセスに関する配分問題を正確に定式化することは難しく、簡単な単一レベル組立プロセスでさえも定式化は大規模にかつ複雑になり、線形計画の解決策を解釈して実施することは難しいからである。LPソフトウェア・パッケージおよびコンピューティング・ハードウェアの最近の進歩によって、規模の問題は軽減されており、現在のところ、現実的な問題を合理的な時間で解決することが可能である。たとえば、RS/6000上では、400個の部品番号、500件の注文、および26週間に関する実際の生産計画問題に対応するLPを10分cpu時間で解決することができ、本発明は、配分問題を厳密に定式化し、在庫責任者が結果を効果的に使用できるようにする、残りの問題に

対処する。

【0167】本発明が扱うことができる基本的な問題は、多期間資源配分である。配分問題を線形計画として定式化し、OSLやMPSXなどの線形計画ソフトウェア・パッケージ、またはKarmarkarアルゴリズムを適用し、LP解決策を生産出荷計画に変換することによって、材料および能力の最適な配分を決定する。計画対象期間が等しい長さのT個の計画期間（たとえば、週）に区画されていると仮定する。

【0168】入力：

供給データ

資源可用性（能力）情報

需要データ

BOM情報（製品、 p/n 、使用量、使用期間、有効期日）

BOR情報（製品、資源、使用量、使用期間、有効期日）

コスト

【0169】モデルの仮定

未使用材料はまだ、次の期間に使用できる。未使用資源は、後の期間には利用できない。満たされていない需要は後で満たすことができる。

【0170】表記法

・ $J=1$ 組の部品番号

$v_{j,0}$ = 製品 j の最初の在庫（図10中の入力#2）

$e_{j,t}$ = 期間 t 中の製品 j の正味外部供給（図10中の入力#2）

$a_{i,j}$ = 単位 p/n_j 当たりが必要とされる p/n_i の *

$$\sum_{d \in D} s_{d,t} + \sum_{k \in J} a_{j,k} x_{k,t} + v_{j,t} - x_{j,t} - v_{j,t-1} = e_{j,t} \quad \forall j, t$$

【0176】（材料平衡）

【数17】

$$\sum_{j \in J} g_{r,j} x_{j,t} + u_{r,t} = c_{r,t} \quad \forall r, t$$

【0177】（資源可用性）

$x_{j,t} \geq 0, s_{d,t} \geq 0, v_{f,t} \geq 0, b_{d,t} \geq 0, u_{r,t} \geq 0, v_{\text{ハット}}, t \geq 0$

【0178】目的関数：表記法：（図10中の入力#

6）

・ $S_{r,t}$ = 期間 t 中の p/n_j 1 単位当たりの保持コスト

$$\begin{aligned} \text{MIN} \sum_{t \in T} & \left(\sum_{j \in J} H_{j,t} v_{j,t} + \sum_{j \in J} S_{j,t} v_{j,t} + \sum_{j \in J} M_{j,t} x_{j,t} + \right. \\ & \left. \sum_{d \in D} P_{d,t} b_{d,t} + \sum_{r \in R} b_{r,t} u_{r,t} - \sum_{d \in D} R_{d,t} s_{d,t} \right) \end{aligned}$$

【0179】何らかの製品または需要サービス能力概念と、サービス能力目標を満たせないことに対する関連する損失とに基づいて目的関数を定式化することもできる。

* 量（図10中の入力#3）

【0171】・ $R=1$ 組の資源-図中の入力#7

$g_{r,j} = p/n_j$ 1 単位当たりが必要とされる資源の量（図10中の入力#4）

$c_{r,t}$ = 期間 t に利用可能な資源 r の量（図10中の入力#5）

【0172】・ $D=1$ 組の需要（図10中の入力#1）

需要 $d \in D$ に関する $p(d) \in J, P/N$

$q_{d,t}$ = 期間 t 中の需要 d の量

10 $b_{d,0}$ = 需要 d に関する最初のバックログ

【0173】この定式化によって、各部品番号ごとに複数の需要が許容される。これらの需要には、異なる損失係数および収益係数を関連付けることができる。これらの損失および収益は、目的関数に関する以下の要約に現れる。

【0174】決定変数

・ $x_{j,t}$ = 期間 t に生産される p/n_j の量（図10中の出力#9）

・ $s_{d,t}$ = 期間 t に満たされる需要の量（図10中の出力#8）

・ $b_{d,t}$ = 期間 t の終りでの需要 t のバックログ

・ $v_{j,t}$ = 期間 t の終りでの p/n_j の在庫量

・ $v_{\text{ハット}}, t$ = 期間 t の終りに廃棄される p/n_j の量

・ $u_{r,t}$ = 期間 t の終りに未使用のままの資源 j の量

【0175】「即時生産」に対する制約

$b_{d,t} - b_{d,t-1} + s_{d,t} = q_{d,t} \quad \forall d, t$ （バックログ会計）

【数16】

※・ $H_{j,t}$ = 期間 t 中の p/n_j 1 単位当たりの保持コスト

・ $M_{j,t}$ = 期間 t 中の p/n_j 1 単位当たりの製造コスト

・ $R_{d,t}$ = 期間 t に出荷された需要 d 1 単位当たりの収益

・ $P_{d,t}$ = 期間 t 中の単位需要 d バックログ当たりの損失

・ $Q_{r,t}$ = 期間 t 中の単位余剰資源 r 当たりの損失

【数18】

40

★【0180】実際の組立プロセスでは、製品を生産するのに数期間かかることがあり、これらの期間それぞれに製品に材料（ p/n_s ）および資源が必要になることが
★50 ある。そのような留意事項は、各製品のリリース期間、

37

各入力材料または資源が必要になる期間、および完成期間を追跡することによって上記の定式化に容易に含めることができる。上記の制約中の時間指標 t は適当に修正される。

【0181】 $m(j)$ が p/nj の製造リード・タイム（整数のモデル期間に丸められる）を示すようにする。すなわち、期間 t に1単位の p/nj のための製造プロセスを開始する場合、その p/nj 単位は期間 $t+m(j)$ に完成される。

【0182】 p/nj の部品表中の各 p/n の i 、および p/nj の資源表中の各資源 r はそれぞれ、関連する利用度オフセット $f(i, j)$ および $f(r, j)$ を有する。利用度オフセットは非負整数と仮定され、以下のように解釈される。 p/nj が期間 t に完成され、次いで、期間 $t-f(i, j)$ に材料 p/ni が必要とされ、期間 $t-f(r, j)$ に資源 r が必要とされる。

【0183】これらの製造リード・タイムおよびオフセットの留意事項を制約マトリックスに組み込むには、材料平衡および資源可用性の制約を以下のように修正する必要がある。

【数19】

$$\sum_{\substack{d \in D \\ p(d)=j}} S_{d,t} + \sum_{k \in J} a_{j,k} x_{k,t+f(j,k)} + v_{j,t} + \phi_{j,t} - x_{j,t} - v_{j,t-1} = e_{j,t}$$

$$\sum_{j \in J} g_{r,j} x_{j,t+f(r,j)} + u_{r,t} = c_{r,t}$$

【0184】 x 変数の時間指標を示す添字を変更したことに留意されたい。

$$a_{i,j,t} = \begin{cases} a_{i,j} & \text{期間 } t \text{ に } p/nj \text{ で } p/ni \text{ が必要とされる場合} \\ 0 & \text{その他の場合} \end{cases}$$

【0193】

※40※【数23】

$$g_{r,j,t} = \begin{cases} g_{r,j} & \text{期間 } t \text{ に } p/nj \text{ で資源 } r \text{ が必要とされる場合} \\ 0 & \text{その他の場合} \end{cases}$$

【0194】 p/nj に対する材料平衡制約は以下のようになる。

【数24】

★

$$\sum_{\substack{d \in D \\ p(d)=j}} S_{d,t} + \sum_{k \in J} a_{j,k,t} x_{k,t} + v_{j,t} + \phi_{j,t} - x_{j,t} - v_{j,t-1} = e_{j,t}$$

50

38

* 【0185】変数 $x_{k,t+f(j,k)}$ は、期間 $t+f(j,k)$ に完成される p/nk の量を表す。オフセット $f(j,k)$ の定義によれば、これらの $x_{k,t+f(j,k)}$ 単位の p/nk はそれぞれ、期間 $t+f(j,k)-f(j,k)=t$ に $a_{j,k}$ 単位の p/nj を必要とする。

【0186】したがって、

【数20】

$$\sum_{k \in J} a_{j,k} x_{k,t+f(j,k)}$$

は、期間 t に他の p/ns で使用するために必要とされる p/nj の総量である。

【0187】同様に、

【数21】

$$\sum_{j \in J} g_{r,j} x_{j,t+f(r,j)}$$

は、期間 t にすべての p/ns で使用するために必要とされる資源 r の総量である。

【0188】同様に、在庫平衡制約は、エンジニアリングまたは技術、あるいはその両方の変化から生じる、時間の影響を受けやすい部品または資源の利用度を考慮するように修正することができる。

【0189】部品表および資源表の情報は、有効期日情報を含むことが多い。すなわち、 p/n 、たとえば i を使用して、特定の区間、たとえば期間 $t_1, t_1+1, \dots, t_1+t_2$ 中だけに他の p/n 、たとえば j を作製することができる。他のすべての製造期間では、 p/nj の生産に p/ni は必要とされない。

【0190】この有効期日情報を使用して、以下のように、制約マトリックス中の部品表係数 $a_{i,j}$ および資源表係数 $g_{r,j}$ をそれぞれ修正することができる。

【0191】 $i \in J, j \in J$ を含む各対 i, j ごとに、以下のように定義する。

【0192】

【数22】

【0195】資源rに対する資源可用性制約は以下のようになる。

【数25】

$$\sum_{j \in J} g_{r,j,t} x_{j,t} + u_{r,t} = c_{r,t}$$

【0196】歩留りや副産物などの追加製造留意事項を容易に在庫平衡制約に組み込むことができる。 α をp/njの製造産出高とすることができる。すなわち、出荷に使用でき、あるいは他の製品で使用できる、各p/nj単位ごとに、 $1/\alpha_j$ 単位のp/njを生産しなければならない。 $\alpha_j=1$ の場合、あらゆるp/nj単位が使用可能である。 $\alpha_j=0.75$ の場合、生産されるp/nj単位の4分の3が使用可能である。

【0197】各対i、jごとに、100当たりの単位で表した、p/nj中のp/niの「副産物」として $d_{i,j}$ を定義する。したがって、 $a_{i,j}=95$ で、かつ $d_{i,j}=5$ である場合、各p/mj単位を生産するのに合計で100単位のp/miが必要とされる。該単位のうちの95個は、完成されたp/nj中に存在し、5つは製造プロセス中に失われる。

【0198】すべての対i、jに関して以下のように定義する。

【数26】

$$a_{i,j} = \frac{a_{ij}}{1 - (d_{ij} \times 0.01)}$$

【0199】そして、以下のように、歩留りおよび副産物を含むように材料平衡制約を修正する。

【数27】

$$\sum_{p(n)=j} s_{d,t} + \sum_{k \in J} a_{j,k} x_{k,t} + v_{j,t} + \phi_{j,t} - \frac{1}{\alpha_j} x_{j,t} - v_{j,t-1} = e_{j,t}$$

【0200】係数 $a_{j,t}$ は、スケーリングされた係数

【数28】

$$\frac{\sim}{a}$$

は以降ティルドと記載する。j,kと置換されており、期間t中の生産から得られるp/njの量は歩留り α_j によってスケーリングされている。

【0201】必要に応じて、各期間中の最小生産量および最大生産量、需要および期間当たりの最大バックログ、ならびに各期間中の各p/nの最小在庫量および最大在庫量を含むように定式化を拡大することができる。

【0202】生産量、在庫量、および出荷量の限界を記述するには追加入力データが必要である。

【0203】以下の表記法を使用する。

【0204】 $MAXX_{j,t}$ =期間t中のp/njの生産

量に関する上限

【0205】 $MINX_{j,t}$ =期間t中のp/njの生産量に関する下限

【0206】 $MAXS_{j,t}$ =期間tの終りでのp/njの在庫量に関する上限

【0207】 $MINS_{j,t}$ =期間tの終りでのp/njの在庫量に関する下限

【0208】 $MAXB_{d,t}$ =期間t中の需要のバックログに関する上限

【0209】以下の1組の限界制約は、任意の組合せで基本定式化に追加することができる。

【0210】 $MINX_{j,t} \leq x_{j,t} \leq MAXX_{j,t}$

【0211】 $MINS_{j,t} \leq v_{j,t} \leq MAXS_{j,t}$

$b_{d,t} \leq MAXB_{d,t}$

【0212】代替部品および代替資源

部品は、BOMまたはBORに指定されたものの以外の部品または資源を使用して作製できることが多い。たとえば、高速メモリ・モジュールは低速モジュールを代替することができるが、低速モジュールが高速モジュールを代替することはできない。代替部品および代替資源の情報が与えられている場合、資源配分ツールを使用して、一次資源および代替資源の最適な利用度を決定することができる。

【0213】追加入力：代替部品、使用量、有効期日、およびコストまたは優先順位の情報から成る、各BOM項目ごとの代替情報

代替資源、使用量、有効期日、およびコストまたは優先順位の情報から成る、各BOR項目ごとの代替情報

【0214】 $s(i,j)$ を、p/nj中のp/niと代替できるすべてのp/nsの組とする。

【0215】

【数29】

$$\hat{a}_{ij}^{1,f}$$

=p/nf中の a_{ij} 単位のp/niの代替として必要とされるp/niの量

【0216】定式化の修正：各製品-部品-代替3つ組ごとの追加変数

【数30】

$$z_{j,t}^{1,f}$$

=p/niが置換されない、tに生産されるp/njの量

【数31】

$$y_{j,t}^{1,f}$$

=p/niがp/nfと置換される、tに生産されるp/njの量

【0217】追加制約

【数32】

41

42

$$x_{j,t} = z_{j,t} + \sum_{i \in S(i,j)} y_{j,t}^{i,f} \quad \forall i, j, t$$

【0218】・ $x_{j,t}$ の代わりに

【数33】

$$z_{j,t}^i$$

*

$$y_{j,t}^{i,f}$$

項を追加する。

を使用するように p/n_i に関する平衡方程式を修正し、 f に関する平衡方程式に

【数34】

【0219】 p/n_j に対する材料平衡制約は以下のようになる。

【数35】

$$\sum_{p \in D-j} s_{d,t} + \sum_{k \in J, k \neq p} a_{j,k} x_{k,t}$$

*

$$+ \sum_{k \in J, k \neq p} a_{j,k} z_{k,t}^j$$

$$+ \sum_{k \in J} \sum_{f \in S(i,k)} \hat{a}_k^{i,j} y_{k,t}^{i,f}$$

$$+ v_{j,t} + \hat{v}_{j,t} - x_{j,t} - v_{j,t-1} = e_{j,t}$$

【0220】和

【数36】

$$\sum_{k \in J, s(j,k) \neq \phi} a_{k,j} z_{k,t}^j$$

※は他のすべての p/n での j の総利用度である。

【0223】・目的関数は、変数

【数40】

$$y_{j,t}^{i,f}$$

は、 j が代替を有する、他の p/n での主BOM項目としての p/n_j （すなわち、 j は k のBOMで必要とされており、 j は代替を有し、 k 中の j を代替するために他の p/n が使用されることはない）の総利用度である。

【0221】和

【数37】

$$\sum_{j \in J, j \in S(i,k)} \hat{a}_k^{i,j} y_{k,t}^{i,f}$$

は、 p/n_k での他の p/n の代替としての j の総利用度である。

【0222】したがって、

【数38】

$$\sum_{k \in J} \left(\sum_{j \in J, j \in S(i,k)} \hat{a}_k^{i,j} y_{k,t}^{i,f} \right)$$

は、他のすべての p/n での代替としての p/n_j の総利用度であり、和

【数39】

$$\sum_{k \in J} a_{j,k} x_{k,t} + \sum_{k \in J} a_{j,k} z_{k,t}^j$$

の非ゼロ係数を含めることにより、 p/n_j 中の部品 i に代替 f を使用することによる追加コストまたは追加利益を反映するように修正することができる。

【0224】

【数41】

$$\hat{p}_{j,t}^{j,f}$$

=期間 t 中の p/n_j 中の p/n_i を p/n_f で代替するコストとする。

【0225】目的関数に以下の項が追加される。

【数42】

$$\sum_{t \in T} \sum_{j \in J} \sum_{i \in J} \sum_{f \in S(i,j)} \hat{p}_{j,t}^{i,f} y_{j,t}^{i,f}$$

【0226】同様の修正を使用して、代替資源の配分を最適化することができる。

【0227】 $R(r, j) = p/n_j$ 中の資源 r の代替とすることができる1組の資源とする。

【0228】

【数43】

$$g_{j,t}^{r,f}$$

= p/n_j 中の資源 r の代替とする際の資源 f の利用度。 $\forall f \in R(r, j)$ に関して定義される。

※50

43

【0229】

【数44】

$$\sim_{r,j,t} \quad \hat{y}_{j,t}$$

=期間t'にp/nj中の資源rを資源fで代替するコスト。すべての $f \in R(r, j)$, $\forall t$ に関して定義される。

【0230】

【数45】

$$\hat{z}_{j,t}$$

=資源rが交換されない期間tに生産されるp/njの*

$$x_{j,t} = z_{j,t} + \sum_{f \in R(r,j)} y_{j,t}^f \quad \forall r, j, s, t$$

【0233】資源可用性制約は以下のように修正される。

※【数48】

$$\sum_{\substack{j \in R \\ R(r,j) \neq \emptyset}} g_{r,j} x_{j,t} + \sum_{\substack{j \in J \\ R(r,j) \neq \emptyset}} g_{r,j} z_{j,t} + \sum_{j \in J} \sum_{\substack{r' \in R \\ R(r',j) \neq \emptyset}} g_{j,t}^{r',r} y_{j,t}^{r',r} + u_{r,t} = c_{r,t}$$

【0234】目的関数に以下の項が追加される。

【数49】

$$\sum_{t \in T} \sum_{j \in J} \sum_{r \in R} \sum_{f \in R(r,j)} \sim_{r,j,t} \quad \hat{y}_{j,t}$$

【0235】このモデルの出力は、出荷生産計画だけでなく代替利用度データも与える。

【0236】代替BOM

代替部品の他に、資源配分モデルの簡単な拡張によっても、複数の部品表または資源表に応じて部品を作製する可能性の検討が可能になる。たとえば、ある種のメモリ・モジュールは、1つの「オール・グッド」チップおよび対応する基板を使用し、あるいは2つの「ハーフ・グッド」チップおよび対応する基板を使用して作製することができる。本資源配分ツールを使用して、各可能なBOMまたはBOR、あるいはその両方によって各期間中に各製品をいくつ作製すべきかを決定することができる。

【0237】追加入力：各製品ごとに、リスト、またはBOMおよびBOR。モデルの修正は、代替の場合のモデル修正と同様である。

【0238】代替部品表が存在するときに資源の最適配分をモデル化するには、以下の追加入力データおよび表記法が必要である。

★

44

*量。すべてのj、r、s、tに関して定義される。R(r, j)は空ではない。 $\forall t$

【0231】

【数46】

$$\hat{y}_{j,t}$$

=資源rが資源fと交換される期間tに生産されるp/njの量。すべての $f \in R(r, j)$, $\forall t$ に定義される。

10 【0232】このモデルには、以下の形の追加制約が必要である。

【数47】

$$R(r, j) \neq \emptyset, \forall t$$

★K=すべての部品表の組

pティルド(k) $\in J = \text{BOM}$ $k \in K$ によって生産されるp/n

aティルド $i, k = \text{BOM}$ $k \in K$ でのp/n $i \in J$ の利用度

Mティルド k, t =期間t中のBOM k によるpティルド(k)

30 1単位当たりの製造コスト

【0239】以下の決定変数を導入する。xティルド k, t =期間t中のBOM $k \in K$ による(p/n pティルド(k)の)生産量

【0240】具体的には、2つ(またはそれより多く)の異なるBOM、たとえば、同じp/n, $j = \text{pティルド}(k) = \text{pティルド}(k')$ を生産するkおよびk'がある場合を考慮する。

【0241】1つのフル・グッド・メモリ・チップおよび適当なパッケージング材料、または2つのハーフ・グッド・メモリ・チップ、いくつかの接続構成要素、および適当なパッケージング材料を使用してメモリ・モジュールを生産することは、コンピュータ製造における一般的な慣習である。

【0242】p/njに対する材料平衡制約は以下のようになる。

【数50】

$$\sum_{p(d)=j}^{45} s_{d,t} + \sum_{k \in K} \tilde{a}_{j,k} \tilde{x}_{k,t} + v_{j,t} + \hat{v}_{j,t}^{46} - \sum_{\substack{k \in K \\ \tilde{p}(k)=j}} \tilde{x}_{k,t} - v_{j,t-1} = e_{j,t}$$

【0243】資源可用性制約は以下のものと置換される。 *【数51】

$$\sum_{j \in J} g_{r,j} + \left(\sum_{\substack{k \in K \\ \tilde{p}(k)=j}} \tilde{x}_{k,t} \right) + u_{r,t} = c_{r,t}$$

【0244】和

【数52】

$$\sum_{\substack{k \in K \\ \tilde{p}(k)=j}} \tilde{x}_{k,t}$$

は、 p/nj を生産するすべてのBOM $k \in K$ からの 20 期間 t 中の p/n の総生産量である。

【0245】和

【数53】

$$\sum_{k \in K} \tilde{a}_{j,k} \tilde{x}_{k,t}$$

は、すべてのBOMでの期間 t 中の p/nj の総利用度である。

【0246】最初の目的関数中の項

【数54】

$$\sum_t \sum_{j \in J} M_{j,t} x_{j,t}$$

は、項

【数55】

$$\sum_t \sum_{k \in K} \tilde{M}_{k,t} \tilde{x}_{k,t}$$

$$\sum_{d(p(d)=j)} s_{d,t} + \sum_{k \in K} \tilde{a}_{j,k} \left(\sum_{\substack{l \in L \\ \rho(l)=k}} x_{l,t} \right) + v_{j,t} + \hat{v}_{j,t} - \sum_{\substack{l \in L \\ \rho(l)=j}} x_{l,t} - v_{j,t-1} = e_{j,t}$$

【0252】資源 $r \in R$ に対する資源可用性制約は以下 となる。

【数57】

$$\sum_{l \in L} g_{r,l} x_{l,t} + u_{r,t} = c_{r,t}$$

★【0253】和

【数58】

$$\sum_{\substack{l \in L \\ \rho(l)=j}} x_{l,t}$$

★50 は、 p/nj を生産するすべてのBOR $l \in L$ からの期

47

間 t 中の p/n_j の総生産量である。

【0254】最初の目的関数中の項

【数59】

$$\sum_t \sum_{j \in J} M_{j,t} x_{j,t}$$

は、項

【数60】

$$\sum_t \sum_{l \in L} \hat{M}_{t,l} \hat{x}_{l,t}$$

と置換される。 $j \in J$ に関する p/n 生産変数 $x_{j,t}$ が、 $l \in L$ に関するBOR生産変数 $\hat{x}_{l,t}$ と置換されたことに留意されたい。

【0255】上記で導入した表記法を使用して、代替BOMと代替BORを共に含むモデルを定式化することもできる。 p/n_j に対する材料平衡制約は以下の式によって与えられる。

【数61】

$$\sum_{d \in D(j)} s_{d,t} + \sum_{k \in K} \tilde{a}_{j,k} \tilde{x}_{k,t} + v_{j,t} + \phi_{j,t} - \sum_{k \in K} \tilde{x}_{k,t} - v_{j,t-1} = e_{j,t}$$

【0256】資源 r に対する資源可用性制約は以下のものによって与えられる。

【数62】

$$\sum_{l \in L} g_{r,l} \hat{x}_{l,t} + u_{r,t} = c_{r,t}$$

【0257】以下の追加リンク制約が追加される。

【数63】

$$\sum_{l \in L} \hat{x}_{l,t} = \sum_{k \in K} \tilde{x}_{k,t}$$

【0258】最初の目的関数中の項

【数64】

$$\sum_t \sum_{j \in J} M_{j,t} x_{j,t}$$

は、項

【数65】

$$\sum_t \left(\sum_{l \in L} \hat{M}_{t,l} \hat{x}_{l,t} + \sum_{k \in K} \tilde{M}_{k,t} \tilde{x}_{k,t} \right)$$

と置換される。

【0259】複数 p/n 製造プロセス

この拡張は、線形計画を使用して、標準MRP法では対処できない複雑な材料計画をどのように解決できるかを示す。

【0260】S/C(半導体)製造プロセスでは、研磨されたシリコン上で基本回路を組み立てて、「マスタ・スライス・ウェハ」を作製する。通常、1つの技術で必

48

要とされる異なるマスタ・スライスはごく少数である。各マスタ・スライスは単一の p/n を有する。次いで、「個人別」プロセスでは、マスタ・スライス上に追加回路が組み立てられ、完成されたウェハは個別のチップに切り分けられる。完成された個人別されたウェハは p/n と、1つのマスタ・スライス・ウェハから成るBOMとを有し、各チップ(デバイス)は p/n を有する。最近まで、各ウェハには、共通の部品番号を有する1種類のチップしか含まれていなかった。すなわち、ウェハ上のすべてのチップは同じであった。この場合、チップのBOMは、該チップを含む個人別されたウェハの p/n から成り、利用度因子は $1/n$ である。ここで、 n は1ウェハ当たりのチップの数である。生産すべきウェハの数を求めるには、必要とされるチップの数を求めて、1ウェハ当たりの良好なチップの予期される数でこの量を除していた。しかし、現在、ウェハ上の異なるチップ p/n の数を増やし、多数の異なるウェハ上に1つのチップ p/n を作製できるようにする傾向がある。この場合、チップ用の「部品表」の概念は明確には定義されない。個人別された複数のウェハからチップを生産することができるので、チップ要件からウェハ生産量を決定する簡単な方法はない。実際には、通常、必要なチップ量を得るために使用できる多数の異なるウェハ生産計画がある。組合せによっては、1つのまたは複数のチップ・タイプが極めて余分に作製される。

【0261】たとえば、以下のデータを検討する。図2、3、4に関して説明した3つのチップ・タイプA、B、C2つの製品を検討する。

A型のチップ3つとB型のチップ2つから成るP1

A型のチップ1つとC型のチップ3つから成るP2

3つのウェハ・タイプ

50個のAチップと50個のBチップとから成るAXB

70個のAチップと30個のCチップとから成るAXC

20個のAチップと、30個のBチップと、50個のC

チップとから成るABC

これらについては、図2ないし5に関して上記でも説明した。

【0262】さらに、需要が、25単位のP1および25単位のP2に対するものであると仮定する。P1およびP2のBOMによる簡単なエクスポージョンによって、これは100個のAチップ、50個のBチップ、および75個のCチップに対する需要に変換される。しかし、必要なウェハ量を決定するための対応する「エクスポージョン」プロセスはない。ウェハ・リリースの以下の組合せはそれぞれ、このチップ需要を満たす。

【0263】コスト

5つのABC(余剰:100個のB、175個のC)

7500ドル

2つのAXB、2つのABC(余剰:40個のA、11

0個のB、25個のC)

5200ドル

2つのABC、1つのAXC（余剰：10個のB、55個のC） 4300ドル

1つのAXB、3つのAXC（余剰：160個のA、15個のC） 5000ドル

【0264】一般に、チップのタイプの数、ウェハの数、または1チップ当たりのウェハの数が増えるにつれて、指定された需要セットに対するリリースの可能な組合せの数は急速に増加する。余分なチップ在庫のコストまたはウェハ製品コスト、あるいはその両方のデータを使用して、識別されたウェハ・リリースの組合せを選択することができる。最適なリリース組合せを識別する線形（整数）計画を定式化することもできる。この定式化を拡張して、製品、チップ、およびウェハの在庫、ならびに他の資源制約を考慮に入れることができる。

【0265】この定式化では、何らかの追加用語および表記法を導入する必要がある。1つのp/n（たとえば、個人別されたウェハ）の単位を1つまたは複数の異なるp/nの単位（たとえば、チップ）に分離するプロ

*セスを分離プロセスと呼ぶ。組立プロセスと同様に、分離プロセスも資源表を有することができる。分離プロセスは、部品表を有する代わりに、p/nと、分離プロセスから得られるp/nのそれぞれの量とをリストする製品表（BOP）を有する。

【0266】追加入力

各分離プロセス用の製品表

分離プロセス用の資源表

（任意選択の）各分離プロセスに関連するコスト・データ

【0267】追加表記法

$N_{i,j}$ = 1単位のp/n1から生産されるp/njの量

$M'_{j,t}$ = 期間tに1単位の部品jを分離する製造コスト

$g'_{r,j}$ = 1単位のp/njを分離するのに必要な資源rの量

【0268】追加変数

$w_{j,t}$ = 期間tに分離されるp/njの量

【0269】モデルー即時組立および分離を仮定する。

【数66】

$$\begin{aligned} \text{MIN} \sum_{t \in T} \left(\sum_{j \in J} H_{j,t} v_{j,t} + \sum_{j \in J} M_{j,t} x_{j,t} + \sum_{j \in J} M'_{j,t} w_{j,t} + \right. \\ \left. \sum_{j \in J} S_{j,t} \phi_{j,t} + \sum_{r \in R} Q_{r,t} u_{r,t} + \sum_{d \in D} P_{d,t} b_{d,t} - \sum_{d \in D} R_{d,t} s_{d,t} \right) \end{aligned}$$

s.t. $b_{d,t} = b_{d,t-1} + q_{d,t} - s_{d,t} \quad \forall d,t$

（バックログ会計）

【0270】

【数67】

$$\begin{aligned} \sum_{d \in D} s_{d,t} + \sum_{k \in J} a_{j,k} x_{k,t} + w_{j,t} + v_{j,t} + \phi_{j,t} \\ = \sum_{i \in J} n_{j,i} w_{i,t} + x_{j,t} + e_{j,t} + v_{j,t-1} \quad \forall j,t \end{aligned}$$

30

※

$$\sum_{j \in J} g_{r,j} x_{j,t} + \sum_{j \in J} g'_{r,j} w_{j,t} + u_{r,t} = c_{r,t} \quad \forall r,t$$

（資源可用性制約）

$u_{r,t} \geq 0, x_{j,t} \geq 0, s_{d,t} \geq 0, v_{j,t} \geq 0, b_{d,t} \geq 0, w_{j,t} \geq 0$

注意：jがBOMを有していないかぎり $x_{j,t} = 0$ であり、jがBOPを有していないかぎり $w_{j,t} = 0$ である必要がある。

【0271】本発明は、複雑な製造システムで材料計画および資源配分を提供する。具体的には、本発明は分離プロセスを含むように通常の材料要件計画概念を拡張する。本発明によって、代替部品および資源と、代替部品表および資源表の検討が可能になる。本発明は、可能になった材料計画および資源配分を制約する方法を提供する。

【0272】図9および10に関する制約された材料要

※（技術平衡制約）

【数68】

★件計画のステップ

【0273】1. サイト情報システムからデータ（需要、在庫、部品表、資源表、資源可用性コスト、および収益データ）が抽出される。各データ要素の源は、情報システムの特定の構成によって決定される。ダイアグラムで、需要データ、部品表データ、および在庫データは材料要件計画システムから、資源表データおよび資源可用性データは能力要件計画システムから、コスト収益データは第3の製造情報システムからそれぞれ抽出される。

【0274】2. 最適資源配分手順を使用して、最適出荷計画と、対応する生産計画および部品利用度計画とを決定する。

【0275】3. 出荷計画、生産計画、および過去の利

用度計画をサイト情報システムに挿入する。この場合も、これらのデータ要素それぞれの宛先は、情報システムの構成に依存する。ダイヤグラムで、3つのデータ要素はすべて、さらに処理できるように材料要件計画システムに挿入される。また、生産計画は、さらに処理できるように能力要件計画システムに読み込まれ、すべてのデータ要素は第3の製造情報システムに返される。

【0276】部品利用度計画の作成は任意選択である。

【0277】1. 需要データには、バックログされた注文、受け入れられた注文、計画された注文、および予想される注文を含めることができる。

【0278】2. 在庫データには、手持ちの在庫、供給業者の注文、計画された供給業者の注文、および契約の限界を含めることができる。

【0279】3. 部品表には、1つの部品の代替部品表を含めることができる。部品表には、製品-構成要素対用の代替部品を含めることができる。部品表は、有効期日、利用度、副産物、および利用度オフセットを含む。

【0280】4. 資源表には、1つの部品の代替資源表を含めることができ、製品-資源対用の代替資源を含めることができる。資源表は、有効期日、利用度、副産物、および利用度オフセットを含む。

【0281】5. 資源可用性データには、受注余力、計画されたダウンタイム、および予期されるダウンタイムを含めることができる。

【0282】6. コスト・データ/資源データは、出荷価額、遅延損失、保持コスト、廃棄コスト、製造コスト、および代替コストを含む。

【0283】入力データの読取り ステップ7. 1
入力データの処理およびデータ構造のロード ステップ7. 2

LPモデルの作製 ステップ7. 3

モデル変数x、sの定義 ステップ7. 3a

モデル制約の定義 ステップ7. 3b

制約マトリックスAの充填 ステップ7. 3c

右辺ベクトルbの充填 ステップ7. 3d

目的関数cの充填 ステップ7. 3e

LPソルバの呼出し ステップ7. 4

変数x、sの最適値のLPソルバからの抽出 ステップ7. 5

求めるべきx、sの最適値の処理 ステップ7. 6

最適出荷計画 ステップ7. 6a

最適出荷計画 ステップ7. 6b

部品利用度計画 ステップ7. 6c

【0284】最適資源配分手順

コスト収益データは、目的関数の係数を算出するために使用される。

【0285】部品データ表および資源データ表は、制約マトリックスの一部を作成するために使用される。

【0286】需要データ、在庫データ、および資源可用

性データは、制約の右辺を作成する際に使用される。

【0287】この方法の実施例

1. 利益を最大にする、需要に対する材料の実現可能な配分（需要および期間当たりの出荷計画、製品および期間当たりの生産計画）を決定する材料制約型生産計画方法。具体的には、ステップ1で、需要データ、部品表データ、在庫データ、およびコスト収益データがMRPシステムまたは他の製造情報システムから抽出される。ステップ2で、最適資源配分手順がこのデータを処理し、線形計画を定式化し、LPソルバを呼び出し、LP変数の最適値を抽出し、この値を出荷計画および生産計画に変換する。次いで、ステップ3で、出荷計画および生産計画がMRPシステムまたは他の製造情報システムに挿入される。

【0288】2. 利益を最大にする、需要に対する能力の実現可能な配分（需要および期間当たりの出荷計画、製品および期間当たりの生産計画）を決定する能力制約型生産計画方法。具体的には、ステップ1で、需要データ、部品表データ、資源可用性データ、およびコスト収益データがCRPシステムまたは他の製造情報システムから抽出される。ステップ2で、最適資源配分手順がこのデータを処理し、線形計画を定式化し、LPソルバを呼び出し、LP変数の最適値を抽出し、この値を出荷計画および生産計画に変換する。次いで、ステップ3で、出荷計画および生産計画がCRPシステムまたは他の製造情報システムに挿入される。

【0289】3. 利益を最大にする、需要に対する材料および能力の実現可能な配分（需要および期間当たりの出荷計画、製品および期間当たりの生産計画）を決定する材料および能力制約型生産計画方法。具体的には、ステップ1で、需要データ、部品表データ、および在庫データがMRPシステムまたは他の製造情報システムから、資源表データおよび資源可用性データがCRPシステムまたは他の製造情報システムから、コスト収益データがMRPシステム、CRPシステム、または他の何らかの製造情報システムからそれぞれ抽出される。ステップ2で、最適資源配分手順がこのデータを処理し、線形計画を定式化し、LPソルバを呼び出し、LP変数の最適値を抽出し、この値を出荷計画および生産計画に変換する。次いで、ステップ3で、出荷計画および生産計画が、MRPシステム、CRPシステム、または他の製造情報システムに挿入される。

【0290】4. 利益を最大にするように能力を需要に配分し、次いで、その結果得られる生産計画（需要および期間当たりの出荷計画、製品および期間当たりの生産計画）を分析して材料要件を決定する能力制約型材料要件計画方法。具体的には、ステップ1で、需要データ、資源表データ、資源可用性データ、およびコスト収益データがMRPシステム、CRPシステム、または他の製造情報システムから抽出される。ステップ2で、最適資

53

源配分手順がこのデータを処理し、線形計画を定式化し、LPソルバを呼び出し、LP変数の最適値を抽出し、この値を出荷計画および生産計画に変換する。次いで、ステップ3で、出荷計画および生産計画が、MRPシステムに挿入され、標準MRP論理を使用して、出荷生産計画の材料要件が決定される。

【0291】5. 利益を最大にするように、指定された1組の危機的な原料（たとえば、長いリード・タイムまたは限られた可用性をもつ構成要素）を需要に配分し、次いで、その結果得られる生産計画（需要および期間当りの出荷計画、製品および期間当りの生産計画）を分析して、指定された組にないすべての材料の要件を決定する危機的構成要素制約付き材料要件計画法。具体的には、ステップ1で、需要データ、部品表データ、在庫データ、およびコスト収益データがMRPシステムから抽出される。次のステップ（ステップ1a）で、部品表データが、事前に指定された1組の危機的部品にないすべての原料部品番号と、直接的か、サブアセンブリ上かを問わず、事前に指定された1組の危機的部品中の原料を使用しないすべての部品番号を削除するように処理される。その結果得られる「ストリップされた」部品表には構成要素部品がまったくなくともある。事前に指定された危機的部品リスト上になく、需要を有する、原料部品番号に関する在庫データは、各期間でのその部品番号に対する総需要と置換される。ステップ2で、最適資源配分手順は、ステップ1aで生成された縮小データ・セットを処理し、該縮小データ・セットに対応する線形計画を定式化する。部品表上に構成要素部品がまったくない製品は、制約されない生産変数になる。すなわち、そのような変数は任意の大きな値を取ることができる。この製品に対応する出荷変数は、丁度需要に等しい。ステップ2は次いで、LPソルバを呼び出し、LP変数の最適値を抽出し、この値を出荷計画および生産計画に変換する。次いで、ステップ3で、出荷計画および生産計画がMRPシステムに挿入される。MRPは次いで、最初の1組の部品表データ、出荷計画、および生産計画を使用して、すべての部品番号の要件を決定する。この方法の代替実施態様では、部品表の事前処理（ステップ1a）が省略される。ステップ1の次のステップ1bで、事前に指定された危機的構成要素リスト上にないあらゆる原料に関する在庫データがベクトル（M、M、M、M、M）と置換される。ここで、Mは何らかの非常に多い量である（たとえば、予期される総年間部品利用率）。これによって、これらの部品に対するその部品利用率制約は、極端に大きな右辺を有することになる。實際上、この制約は定式化から省略されている。この制約にしか現れない決定変数は制約されないようになる。

【0292】6. 利益を最大にするように原料（手持ち、引当て、および推定可用性）および能力を需要に配分し、次いで、その結果得られる生産計画（需要および

54

期間当たりの出荷計画、製品および期間当たりの生産計画）を分析して、すべての材料の要件を決定する能力制約付き材料要件計画法。具体的には、ステップ1で、需要データ、部品表データ、および在庫データがMRPシステムまたは他の製造情報システムから、資源表データおよび資源可用性データがCRPシステムまたは他の製造情報システムから、コスト収益データがMRPシステム、CRPシステム、または他の何らかの製造情報システムから抽出される。在庫データは以下のように抽出される。期間t中の部品番号iの在庫は、（1）期間t=1中のiの手持ち在庫、（2）すでに注文され、 $1 < t < \text{リードタイム}(i)$ の期間t中に到着するように計画されているiの量、（3） $t > \text{リードタイム}(i)$ 中の（i）の可用性または利用度に関する上限によって与えられる。ステップ2で、最適資源配分手順は、このデータを処理し、線形計画を定式化し、LPソルバを呼び出し、LP変数の最適値を抽出し、これらの値を出荷計画、生産計画、および材料利用度計画に変換する。次いで、ステップ3で、出荷計画、生産計画、および材料利用度計画が、MRPシステム、CRPシステム、または他の製造情報システムに挿入される。可能なら、MRPシステムを使用して、さらに、材料の利用度、特に、リードタイムを超えた材料の利用度を分析し、かつそれに関して報告する。次いで、材料利用度計画を手持ちおよび引当て在庫データと共に使用し、あるいは次のMRP分析の結果を使用して、各部品番号に関する新しい注文を生成する（該部品番号のリードタイム範囲外）。

【0293】7. 前に受け入れた1組の注文、指定された新しい注文、材料情報、および能力可用性情報を分析して、指定された新しい注文に関する最も早い可能な出荷日を決定する最早出荷日推定法。この方法はまず、推定した出荷日を満たすように、前に受け入れた注文に材料および能力を配分し、次いで、残りの材料および能力を、できるだけ早く出荷するように、指定された新しい注文に配分する。具体的には、ステップ1で、需要データ、部品表データ、および在庫データがMRPシステムまたは他の製造情報システムから、資源表データおよび資源可用性データがCRPシステムまたは他の製造情報システムから、コスト収益データがMRPシステム、CRPシステム、または他の何らかの製造情報システムから抽出される。需要データは、前に受け入れた注文、指定された新しい注文、および将来の注文の予想を含む。各注文はそのタイプに応じて分類される。新しい注文の期日は、現在の日付に設定され、該注文には、予想された注文の総価額より高い収益値が与えられる。ステップ2で、最適資源配分手順はこのデータを処理し、線形計画を定式化する。このLPは、前に契約された注文をそれぞれの期日に出荷しなければならないことを反映する出荷限界を含む。次いで、LPソルバが呼び出され、LP変数の最適値が抽出され、出荷計画および生産計画に

変換される。新しい注文が出荷される日付は、この注文を出荷できる最も早い日付である。この日付はユーザに報告され、あるいはMRPシステムまたは他の製造情報システムに返される。

【0294】8. 前に受け入れた1組の注文、出荷収益およびこれらの注文に関する遅延損失に関する情報、指定された新しい注文、各期間にこの注文を出荷することに関連する出荷収益、材料可用性情報、ならびに能力可用性情報を分析して、製造会社が、指定された注文を受け入れることでもうけがあるかどうか、該注文に関して

10 最ももうけがある出荷日、および前に受け入れた注文の該出荷日に対する影響を判定する新規注文推定法。この方法は、総利益を最適化するように、前に受け入れた1組の注文および指定された新しい注文に材料および能力を配分する。その結果得られる出荷計画を再検討して、
(1) 指定された新しい注文を出荷するかどうか、
(2) 指定された新しい注文の出荷日、および(3) 前に受け入れた注文の出荷日を決定する。具体的には、ステップ1で、需要データ、部品表データ、および在庫データがMRPシステムまたは他の製造情報システムから、資源表データおよび資源可用性データがCRPシステムまたは他の製造情報システムから、コスト収益データがMRPシステム、CRPシステム、または他の何らかの製造情報システムから抽出される。需要データは、前に受け入れた注文、指定された新しい注文、および将来の注文の予想を含む。各注文はそのタイプに応じて分類される。予想された注文の収益データは、注文の具体化の確率によってスケールされる。新しい注文の期日は、現在の日付に設定される。ステップ2で、最適資源配分手順はこのデータを処理し、線形計画を定式化する。このLPは、前に契約された注文をそれぞれの期日に出荷しなければならないことを反映する出荷限界を含む。次いで、LPソルバが呼び出され、LP変数の最適値が抽出され、出荷計画および生産計画に変換される。新しい注文が出荷計画上に現れない場合、受注することはもうけにならず、受注は拒否すべきであり、あるいは受注がもうけになるように顧客の価格を増加させるべきである。新しい注文が出荷計画上に現れる場合、新しい注文を出荷する日付は、この注文を出荷できる最ももうけのある日付である。もっと早い出荷が要求された場合は、顧客の価格を増加させることができる。新しい注文の出荷状況と、適宜、出荷日とがユーザに報告され、MRPシステムまたは他の製造情報システムに返される。
【0295】9. 1日ごとの能力および1日ごとの材料を製品および需要に配分し、1日ごとのリリース計画および1日ごとの能力利用度を判定する短期間生産計画法。具体的には、例3に記載した方法が使用され、期間が、週または月の通常の計画期間継続期間ではなく日またはシフトに設定される。

【0296】10. 未使用の能力および労力のコストを

最小限に抑えるように、材料および能力、または労力、あるいはその両方を製品および需要に配分する最適能力ないし労力配分方法。具体的には、例2に記載した方法が使用され、能力および労力の廃棄コストがそれぞれの資源の実際の値に等しく設定され、他のすべてのコスト収益データが削除される。

【0297】11. 利益を最大にするように能力および材料(代替部品を含む)を製品および需要に配分する、代替部品を使用する能力材料制約付き生産計画法。その結果得られる生産計画は、代替部品の利用度を指定する。具体的には、例3に記載された方法が使用され、代替部品および代替資源の使用に関する情報が部品表に含まれる。ステップ3は、代替部品および代替能力の利用度を明確に示す材料利用度計画および能力利用度計画も作成する。

【0298】12. 並列組立ラインまたは並列組立プロセスへの生産量の最適な配分を決定する方法。具体的には、ステップ1で、需要データ、資源表データ、資源可用性データ、およびコスト収益データがCRPシステムまたは他の製造情報システムから抽出される。並列組立ラインは資源表上の代替として表される。この方法は、代替表データ構造上の代替資源を使用して、各製品用の組立ラインまたは組立プロセスの候補を定義する。処理時間は、異なるライン上の同じ製品に対して異なるものであってよい。未使用生産能力のコストは、並列ライン間または並列プロセス間に所望の平衡レベルを達成するように加重することができる。ステップ2で、最適資源配分手順がこのデータを処理し、線形計画を定式化し、LPソルバを呼び出し、LP変数の最適値を抽出し、この値を出荷計画、生産計画、および資源利用度計画に変換する。資源利用度計画は製品を組立ラインに配分する。

【0299】13. 技術変更を実行する最適な日を決定する方法。具体的には、ステップ1で、需要データ、部品表データ、在庫データ、およびコスト収益データがMRPシステムまたは他の製造情報システムから抽出される。新しいBOMは古いBOMの代替として表され、代替に関する最も早いフィールドは、最も早い可能なEC実行日を示す。確定注文(手持ちと引当て)は、ECによって古くなる部品に使用され、あるいは利用度上限が、残りの部品に使用される。損失コストは、代替(新しいレベル)の使用または古くなった部品の廃棄、あるいはその両方に配分される。ステップ2で、最適資源配分手順がこのデータを処理し、線形計画を定式化し、LPソルバを呼び出し、LP変数の最適値を抽出し、この値を出荷計画および生産計画に変換する。この解決策は、各ECレベルごとの生産計画を与え、該計画を使用してEC試行日を決定することができる。次いで、ステップ3で、出荷計画および生産計画と、EC試行日情報とが、MRPシステムまたは他の製造情報システムに挿

入される。

【0300】14. 生産量を制限する上で最も重要な材料または能力、あるいはその両方を決定する方法。具体的には、ステップ1で、需要データ、部品表データ、および在庫データがMRPシステムまたは他の製造情報システムから、資源表データおよび資源可用性データがCRPシステムまたは他の製造情報システムから、コスト収益データがMRPシステム、CRPシステム、または他の何らかの製造情報システムから抽出される。ステップ2で、最適資源配分手順がこのデータを処理し、線形計画を定式化し、LPソルバを呼び出し、LP変数の最適値を抽出し、この値を出荷計画および生産計画に変換する。「双対変数」もLPソルバから抽出され、材料可用性制約および能力可用性制約は降順にソートされる。この組の中で、最大の双対変数を含む制約は、期間中の能力または資源が総利益に対して最大の効果を有するような能力または材料と、期間とに対応する。利益に対して効果をもたらす可能性が最も高い対（材料または資源、期間）のリストが報告される。

【0301】15. 残りの在庫の価額を最小限に抑えるように、手持ちの材料および能力の製品への最適配分を決定する最終期在庫最適化法。具体的には、ステップ1で、需要データ、部品表データ、および在庫データがMRPシステムまたは他の製造情報システムから、資源表データおよび資源可用性データがCRPシステムまたは他の製造情報システムから、コスト収益データがMRPシステム、CRPシステム、または他の何らかの製造情報システムから抽出される。手持ち注文および確定注文の在庫だけに限って在庫データが抽出される。需要データは、必要に応じて、各最終製品ごとの潜在的な需要を反映するように調整される。最終期間中の各材料の保持コストは、その材料の価額に設定される。他のすべてのコスト収益データは削除される。ステップ2で、最適資源配分手順がこのデータを処理し、線形計画を定式化する。次いで、LPソルバが呼び出され、LP変数の最適値が抽出されて、出荷計画および生産計画に変換される。目的関数中の係数だけが最終期間中の在庫の保持コストなので、生産計画および出荷計画は最終在庫の価額を最小限に抑える資源の配分に対応する。

【0302】16. 製品を生産するための代替手段を含む製造プロセスのための材料要件計画、能力計画、および生産計画、ならびに資源配分の方法。具体的には、ステップ1で、需要、在庫、部品表、資源表、能力可用性、コストおよび収益、ならびに製品表を記述するデータが、MRPシステム、CRPシステム、および他の製造情報システムから抽出される。これらは、各製品ごとの複数の部品表または複数の資源表、あるいはその両方であってよく、各部品表および資源表はそれに関連する異なるコストを有することができる。このコスト・データは、コスト収益データに含められる。ステップ2で、

最適資源配分手順がこのデータを処理し、線形計画を定式化する。各製品ごとに複数の生産変数があり、その製品に関連する各部品表および資源表に対応する。次いで、LPソルバが呼び出され、LP変数の最適値が抽出されて、出荷計画および生産計画に変換される。生産計画は、各期間に各部品表および各資源表によって作製される各製品の量を指定する。ステップ3で、出荷計画および生産計画がMRPシステム、CRPシステム、および他の製造情報システムに挿入される。

【0303】17. 1つの部品番号が1つまたは複数の単位の2つ以上の異なる部品番号に変換される分離操作を含む製造プロセスのための材料要件計画、能力計画、および生産計画、ならびに資源配分の方法。具体的には、ステップ1で、需要、在庫、部品表、資源表、能力可用性、コストおよび収益、ならびに製品表を記述するデータが、MRPシステム、CRPシステム、および他の製造情報システムから抽出される。ステップ2で、最適資源配分手順がこのデータを処理し、線形計画を定式化する。次いで、LPソルバが呼び出され、LP変数の最適値が抽出されて、出荷計画および生産計画に変換される。ステップ3で、出荷計画および生産計画がMRPシステム、CRPシステム、および他の製造情報システムに挿入される。

【0304】まとめとして、本発明の構成に関して以下の事項を開示する。

【0305】(1) 複数の製造手順による異なるタイプの複数の製品の製造で構成要素配分を最適化する方法において、各前記手順内で、それぞれの前記手順で使用すべき構成要素の量を確定するステップと、前記構成要素の在庫を提供し、在庫の各種の構成要素を別々のベクトル位置に置くステップと、個別の行が製品の構成要素それぞれに予約され、各製品タイプごとの別々の列を含む複数の製品列がある、行および列を有するマトリックスの製品列それぞれで前記製品を変数として配列するステップと、ベクトル中の構成要素タイプの量の位置に対応する各構成要素行で、製品中の各構成要素の量を指定する係数を各列の製品変数に乘じることによって、それぞれの構成要素行の構成要素に対する材料制約を確定するステップと、前記製品に対する複数の生産制約を介して、それぞれの前記製品タイプの出荷量から、生産される製品タイプの量を減じた値が、在庫中の該製品タイプの量以下になるように制約するステップと、出荷がマトリックスの別々の出荷列に位置し、前記製品タイプがそれぞれの製品列に位置し、非ゼロ出荷量を有する各製品タイプごとに別々の行がある、マトリックスの追加列それぞれに前記製品タイプの前記生産制約を置くステップとを備え、在庫中の製品タイプの量が、生産制約を有するマトリックス行に対応する前記ベクトルの位置に入力され、前記製品に対する複数の需要制約を介して、前記製品タイプそれぞれの出荷量がそれぞれの製品タイプに

対する需要以下になるように制約するステップと、出荷がマトリックスの前記出荷列それぞれに位置する前記マトリックスの別々の追加行に前記製品の前記需要制約を置くステップとを備え、前記製品タイプに対する需要が、それぞれの需要制約行に対応する別々の前記ベクトル位置に位置し、目的関数に従って前記マトリックスおよび前記ベクトルに線形計画最適化を適用し、各前記製品タイプの最適生産量を得るステップとを備えることを特徴とする方法。

(2) 各前記製品が価格を有し、前記目的関数が前記製品の販売からの収益を最大にすることである上記(1)に記載の方法。

(3) 前記製造手順において、選択されたタイプの前記製品の個別の製品が、前記製品のうちの次の1つを作製するために少なくとも1つの前記構成要素と組み合わせるべきサブアセンブリとして働き、前記選択された製品タイプの総量の少なくとも一部が、1つまたは複数の前記製品用のサブアセンブリとして使用される方法において、さらに、需要がある1つまたは複数の前記製品でサブアセンブリとして使用される前記製品のタイプそれぞれごとの1組の和制約を介して、前記選択された製品タイプの総量から、生産される選択された製品タイプの量を減じた値が、在庫中の前記選択された製品タイプの量以下になるように制約するステップを備えることを特徴とする上記(1)に記載の方法。

(4) 前記1組の和制約が少なくとも1つの和制約を備えることを特徴とする上記(3)に記載の方法。

(5) 選択された製品タイプの前記総量がすべて、1つまたは複数のサブアセンブリに使用されることを特徴とする上記(3)に記載の方法。

(6) 前記選択された製品タイプの製品の前記総量が第1の部分および第2の部分を備え、前記第1の部分が、1つの前記製品中のサブアセンブリとして働き、前記第2の部分が、選択された製品の出荷であることを特徴とする上記(3)に記載の方法。

(7) 前記1組の和制約が少なくとも複数の和制約を備えた方法であって、さらに、選択された製品タイプがマトリックスの異なる行に位置するマトリックスの別々の追加行に前記制約を置くステップを備え、サブアセンブリから生産される製品が前記製品列の対応する列に位置し、前記選択された製品タイプの非ゼロ出荷が前記出荷列の対応する列に位置することを特徴とする上記(6)に記載の方法。

(8) 前記製造が1組の資源を使用することによって達成され、前記1組の資源の各資源が所定の時間中利用可能である方法において、さらに、前記マトリックス中の追加資源制約行および前記ベクトル中の対応する追加資源制約位置を確定するステップと、製造で1つの前記資源を使用する各製品ごとに、各製品ごとの前記1つの資源の使用時間を合計し、資源使用時間の前記合計を提供

する前記1つの資源のマトリックス行に関係を記載するステップとを備え、資源使用時間の前記合計が、前記ベクトルの対応する資源制約位置に記載された最大資源使用時間以下であることを特徴とする上記(7)に記載の方法。

(9) 前記製造が複数の期間にわたり、前記材料制約が前記期間のうちの第1の期間に適用される方法において、さらに、前記期間のうちの追加期間に対する追加材料制約を確定するステップと、前記期間の数に等しい数の1組の追加列をマトリックスに追加して、該期間のうちの前の期間から、該期間のうちの次の期間に使用できるように繰り越す予定の構成要素の繰越し量を指定することによって、すべての前記材料制約を修正するステップとを備え、該繰越し量が、第1の期間に製造が達成された場合はゼロであることを特徴とする上記(8)に記載の方法。

(10) 前記製造が1組の資源を使用することによって達成され、前記1組の資源の各資源が所定の時間中に利用可能である方法において、さらに、前記マトリックス中の追加資源制約行および前記ベクトル中の対応する追加資源制約位置を確定するステップと、製造で1つの前記資源を使用する各製品ごとに、各製品ごとの前記1つの資源の使用時間を合計し、資源使用時間の前記合計を提供する前記1つの資源のマトリックス行に関係を記載するステップとを備え、資源使用時間の前記合計が、前記ベクトルの対応する資源制約位置に記載された最大資源使用時間以下であることを特徴とする上記(1)に記載の方法。

(11) 前記製造が複数の期間にわたり、前記材料制約が前記期間のうちの第1の期間に適用される方法において、さらに、前記期間のうちの追加期間に対する追加材料制約を確定するステップと、前記期間の数に等しい数の1組の追加列をマトリックスに追加して、該期間のうちの前の期間から、該期間のうちの次の期間に使用できるように繰り越す予定の構成要素の繰越し量を指定することによって、すべての前記材料制約を修正するステップとを備え、該繰越し量が、第1の期間に製造が達成される場合はゼロであることを特徴とする上記(1)に記載の方法。

(12) 前記製造が1つまたは複数の前記製品に関するリード・タイムを必要とし、前記1つの製品の製造手順を前記複数の期間のうちの後半の期間にずらす次のステップと、前記マトリックス中の前記製品変数を前記第1の期間の行から後の期間の行に変位させるステップとがあることを特徴とする上記(11)に記載の方法。

(13) さらに、前記製品に対する追加需要制約を提供するステップと、出荷がマトリックスの前記出荷列それぞれに位置する前記マトリックスの別々の追加行に前記追加需要制約を置くステップとを備え、それぞれの需要制約行に対応するそれぞれの前記ベクトル位置に位置す

61

る前記製品タイプに対する追加需要があり、前記追加需要制約に対する量、収益、および損失を含むように前記線形計画目的関数を修正するステップを備えることを特徴とする上記(1)に記載の方法。

(14) 前記製造手順の個別の手順が、通常使用される前記構成要素の他に代替構成要素も使用することによって達成することができ、在庫を提供する前記ステップが、前記ベクトルに代替構成要素を置くことを含み、製品を配置する前記ステップが、代替構成要素用の追加行および代替構成要素で形成された製品用の追加列を確立

することを含み、材料制約を確定する前記ステップが、代替構成要素に対して繰り返されることを特徴とする上記(1)に記載の方法。

(15) 前記製造が前記製品の他に複数の代替製品も提供する方法において、さらに、前記代替製品用の製造手順を確立するステップを備え、製品を配置する前記ステップが、代替製品用の追加列を確立することを含み、材料制約を確定する前記ステップが代替製品に対して繰り返されることを特徴とする上記(1)に記載の方法。

(16) 前記製造手順において、前記製品のうちの1つの生産用のサブアセンブリとして前記代替製品のうちの1つを使用するステップがあることを特徴とする上記(15)に記載の方法。

(17) 前記製造手順がunityより少ない製品歩留りを提供する方法において、さらに、個別の前記製品に関する損失および歩留りを確定するステップを備え、損失が、失った生産量と総生産量の比として表され、歩留りが成功した生産量と総生産量の比として表され、材料制約を確定する前記ステップにおいて、前記製品の歩留り因子それぞれを前記係数に乘じるステップがあることを特徴とする上記(1)に記載の方法。

(18) 製品生産量、製品出荷量、在庫量のうちのどれかを含む製造パラメータに関する少なくとも1つの限界を有する1組の限界があり、該限界が上限または下限である方法において、さらに、製品の製造での限界制約として前記制約を導入するステップと、前記マトリックスの別々の行に前記限界制約を置くステップとを備え、限界の大きさが、前記ベクトルの対応する位置に置かれることを特徴とする上記(1)に記載の方法。

(19) 複数の製造手順で複数の資源を使用することによ

62

源行で、製品の製造で使用するべき各資源の量を指定する係数を各列の製品変数に乘じることによって、それぞれの資源行の資源の組に対する材料制約を確定するステップと、前記製品に対する複数の生産制約を介して、前記製品タイプそれぞれの出荷量から、生産される製品タイプの量を減じた値が、在庫中の製品タイプの量以下になるように制約するステップと、出荷がマトリックスの別々の出荷列に位置し、前記製品タイプがそれぞれの製品列に位置し、非ゼロ出荷量を有する各製品タイプごとに別々の行がある、マトリックスの追加列それぞれに前記製品タイプの前記生産制約を置くステップとを備え、在庫中の製品タイプの量が、生産制約を有するマトリックス行に対応する前記ベクトルの位置に入力され、前記製品に対する複数の需要制約を介して、それぞれの前記製品タイプの出荷量がそれぞれの製品タイプに対する需要以下になるように制約するステップと、出荷がマトリックスの前記出荷列それぞれに位置する前記マトリックスの別々の追加行に前記製品の前記需要制約を置くステップとを備え、前記製品タイプに対する需要が、それぞれの需要制約行に対応する別々の前記ベクトル位置に位置し、目的関数に従って前記マトリックスおよび前記ベクトルに線形計画最適化を適用し、各前記製品タイプの最適生産量を得るステップとを備えることを特徴とする方法。

(20) 各前記製品が価格を有し、前記目的関数が前記製品の販売からの収益を最大にすることである上記(19)に記載の方法。

(21) 利益を最大にするための、複数の製造手順での構成要素を含む材料の需要への実現可能な配分を決定する、材料制約付き生産計画法において、需要データ、部品表データ、在庫データ、コスト・データ、および収益データを提供するステップと、各前記手順内で、それぞれの前記手順で使用するべき構成要素の量を確定するステップと、前記データから前記構成要素の在庫を提供し、在庫の各種の構成要素を別々のベクトル位置に置くステップと、個別の行が製品の構成要素それぞれに予約され、各製品タイプごとの別々の列を含む複数の製品列がある、行および列を有するマトリックスの製品列それぞれで前記製品を変数として配列するステップと、ベクトル中の構成要素タイプの量の位置に対応する各構成要素行で、製品中の各構成要素の量を指定する係数を各列の製品変数に乘じることによって、それぞれの構成要素行の構成要素の組に対する材料制約を確定するステップと、前記製品に対する複数の生産制約を介して、それぞれの前記製品タイプの出荷量から、生産される製品タイプの量を減じた値が、在庫中の該製品タイプの量以下になるように制約するステップと、出荷がマトリックスの別々の出荷列に位置し、前記製品タイプがそれぞれの製品列に位置し、非ゼロ出荷量を有する各製品タイプごとに別々の行がある、マトリックスの追加列それぞれに前

記製品タイプの前記生産制約を置くステップとを備え、在庫中の製品タイプの量が、生産制約を有するマトリックス行に対応する前記ベクトルの位置に入力され、前記製品に対する複数の需要制約を介して、前記製品タイプそれぞれの出荷量がそれぞれの製品タイプに対する需要以下になるように制約するステップと、出荷がマトリックスの前記出荷列それぞれに位置する前記マトリックスの別々の追加行に前記製品の前記需要制約を置くステップとを備え、前記製品タイプに対する需要が、それぞれの需要制約行に対応する別々の前記ベクトル位置に位置し、目的関数に従って前記マトリックスおよび前記ベクトルに線形計画最適化を適用し、利益を最大にするための各前記製品タイプの最適生産量を得るステップと、出荷計画および生産計画を提供するステップと、出荷計画および生産計画を製造情報システムに挿入するステップとを備えることを特徴とする方法。

(22) 利益を最大にするための、複数の製造手順での構成要素を含む材料の需要への実現可能な配分を決定する、能力制約付き生産計画法において、需要データ、部品表データ、資源可用性データ、コスト・データ、および収益データを提供するステップと、各前記手順内で、それぞれの前記手順で使用するべき構成要素の量を決定するステップと、前記データから前記構成要素の在庫を提供し、在庫の各種の構成要素を別々のベクトル位置に置くステップと、個別の行が製品の構成要素それぞれに予約され、各製品タイプごとの別々の列を含む複数の製品列がある、行および列を有するマトリックスの製品列それぞれで前記製品を変数として配列するステップと、ベクトル中の構成要素タイプの量の位置に対応する各構成要素行で、製品中の各構成要素の量を指定する係数を各列の製品変数に乘じることによって、それぞれの構成要素行の構成要素の組に対する材料制約を決定するステップと、前記製品に対する複数の生産制約を介して、それぞれの前記製品タイプの出荷量から、生産される製品タイプの量を減じた値が、在庫中の該製品タイプの量以下になるように制約するステップと、出荷がマトリックスの別々の出荷列に位置し、前記製品タイプがそれぞれの製品列に位置し、非ゼロ出荷量を有する各製品タイプごとに別々の行がある、マトリックスの追加列それぞれに前記製品タイプの前記生産制約を置くステップとを備え、在庫中の製品タイプの量が、生産制約を有するマトリックス行に対応する前記ベクトルの位置に入力され、前記製品に対する複数の需要制約を介して、前記製品タイプそれぞれの出荷量がそれぞれの製品タイプに対する需要以下になるように制約するステップと、出荷がマトリックスの前記出荷列それぞれに位置する前記マトリックスの別々の追加行に前記製品の前記需要制約を置くステップとを備え、前記製品タイプに対する需要が、それぞれの需要制約行に対応する別々の前記ベクトル位置に位置し、前記製造が1組の資源を使用することによって

達成され、前記1組の資源の各資源が所定の時間中利用可能であり、該方法がさらに、前記マトリックス中の追加資源制約行および前記ベクトル中の対応する追加資源制約位置を確定するステップと、製造で1つの前記資源を使用する各製品ごとに、各製品ごとの前記1つの資源の使用時間を合計し、資源使用時間の前記合計を提供する前記1つの資源のマトリックス行に関係を記載するステップとを備え、資源使用時間の前記合計が、前記ベクトルの対応する資源制約位置に記載された最大資源使用時間以下であり、目的関数に従って前記マトリックスおよび前記ベクトルに線形計画最適化を適用し、利益を最大にするための各前記製品タイプの最適生産量を得るステップと、出荷計画および生産計画を提供するステップと、出荷計画および生産計画を製造情報システムに挿入するステップとを備えることを特徴とする方法。

(23) 利益を最大にするように、複数の製造手順での構成要素を含む指定された1組の危機的原料を需要に配分し、次いで、その結果得られる生産計画を分析して、指定された組にないすべての材料の要件を決定する危機的材料要件計画法において、需要データ、部品表データ、および在庫データを製造情報システムから抽出するステップと、所定の1組の危機的部品にないすべての原料部品番号付き単位と、直接的か、サブアセンブリ上かを問わず、所定の1組の危機的部品にある原料を使用しないすべての製品番号付き単位とを部品表から削除し、それによって縮小部品表を提供するステップと、所定の危機的部品リスト上になく、かつ需要を有する、原料部品番号付き単位に関する在庫データを、複数の期間それぞれでの部品番号付き項目それぞれに対する総需要と置換するステップと、各前記手順内で、それぞれの前記手順で使用するべき構成要素の量を決定するステップと、前記データから前記構成要素の在庫を提供し、在庫の各種の構成要素を別々のベクトル位置に置くステップと、個別の行が製品の構成要素それぞれに予約され、各製品タイプごとの別々の列を含む複数の製品列がある、行および列を有するマトリックスの製品列それぞれで前記製品を変数として配列するステップと、ベクトル中の構成要素タイプの量の位置に対応する各構成要素行で、製品中の各構成要素の量を指定する係数を各列の製品変数に乘じることによって、それぞれの構成要素行の構成要素の組に対する材料制約を決定するステップと、前記製品に対する複数の生産制約を介して、それぞれの前記製品タイプの出荷量から、生産される製品タイプの量を減じた値が、在庫中の該製品タイプの量以下になるように制約するステップと、出荷がマトリックスの別々の出荷列に位置し、前記製品タイプがそれぞれの製品列に位置し、非ゼロ出荷量を有する各製品タイプごとに別々の行がある、マトリックスの追加列それぞれに前記製品タイプの前記生産制約を置くステップとを備え、在庫中の製品タイプの量が、生産制約を有するマトリックス行に対応す

65

る前記ベクトルの位置に入力され、前記製品に対する複数の需要制約を介して、前記製品タイプそれぞれの出荷量がそれぞれの製品タイプに対する需要以下になるように制約するステップと、出荷がマトリックスの前記出荷列それぞれに位置する前記マトリックスの別々の追加行に前記製品の前記需要制約を置くステップとを備え、前記製品タイプに対する需要が、それぞれの需要制約行に対応する別々の前記ベクトル位置に位置し、目的関数に従って前記マトリックスおよび前記ベクトルに線形計画最適化を適用し、利益を最大にするための各前記製品タイプの最適生産量を得るステップと、出荷計画および生産計画を提供するステップと、出荷計画および生産計画を製造情報システムに挿入するステップとを備えることを特徴とする方法。

【0306】

【発明の効果】本発明によれば、制約付き最適資源配分等により、目的関数に従って製造プロセスの最適化を図ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】原料の利用可能な在庫および利用可能な製造ツールの制約に基づく様々な最終製品の量の選択が、本発明の手順に基づいて行われる、半導体回路製品を生産する製造プロセスの概略図である。

10

66

【図2】図1の製造で生産される3つの異なるウェハの平面図であり、ウェハ内に形成される様々なチップの位置およびIDを示す。

【図3】図1の製造で生産される3つの異なるウェハの平面図であり、ウェハ内に形成される様々なチップの位置およびIDを示す。

【図4】図1の製造で生産される3つの異なるウェハの平面図であり、ウェハ内に形成される様々なチップの位置およびIDを示す。

【図5】図1の製造で生産される比較的高速のマイクロプロセッサの形の回路モジュールの図である。

【図6】図1の製造で生産される比較的低速のマイクロプロセッサの形の回路モジュールの図である。

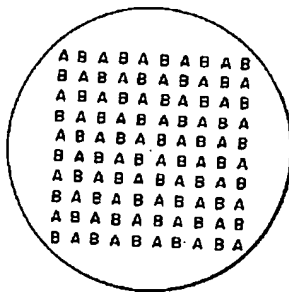
【図7】サブアセンブリおよび最終製品の生産での原料の使用と、最終製品の生産でのサブアセンブリの使用とを示すグラフである。

【図8】本発明の実施で有用なAマトリックスおよびbベクトルを示す図である。

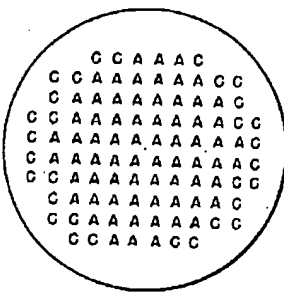
【図9】制約付き材料要件計画に本発明を使用することを示すブロック図である。

【図10】最適な資源配分手順に関するデータの流れを示す図である。

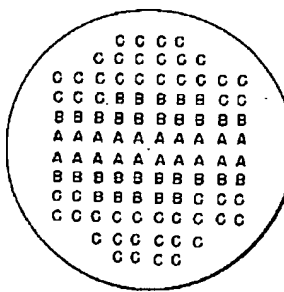
【図2】



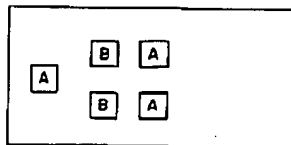
【図3】



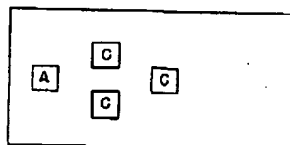
【図4】



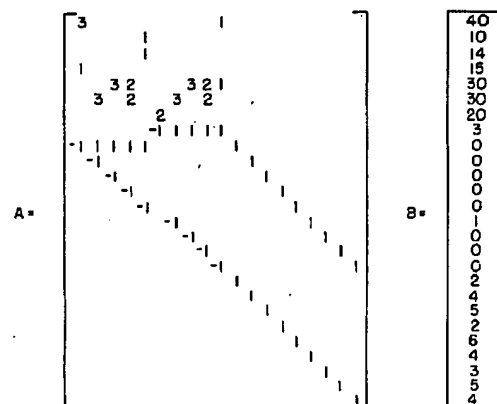
【図5】



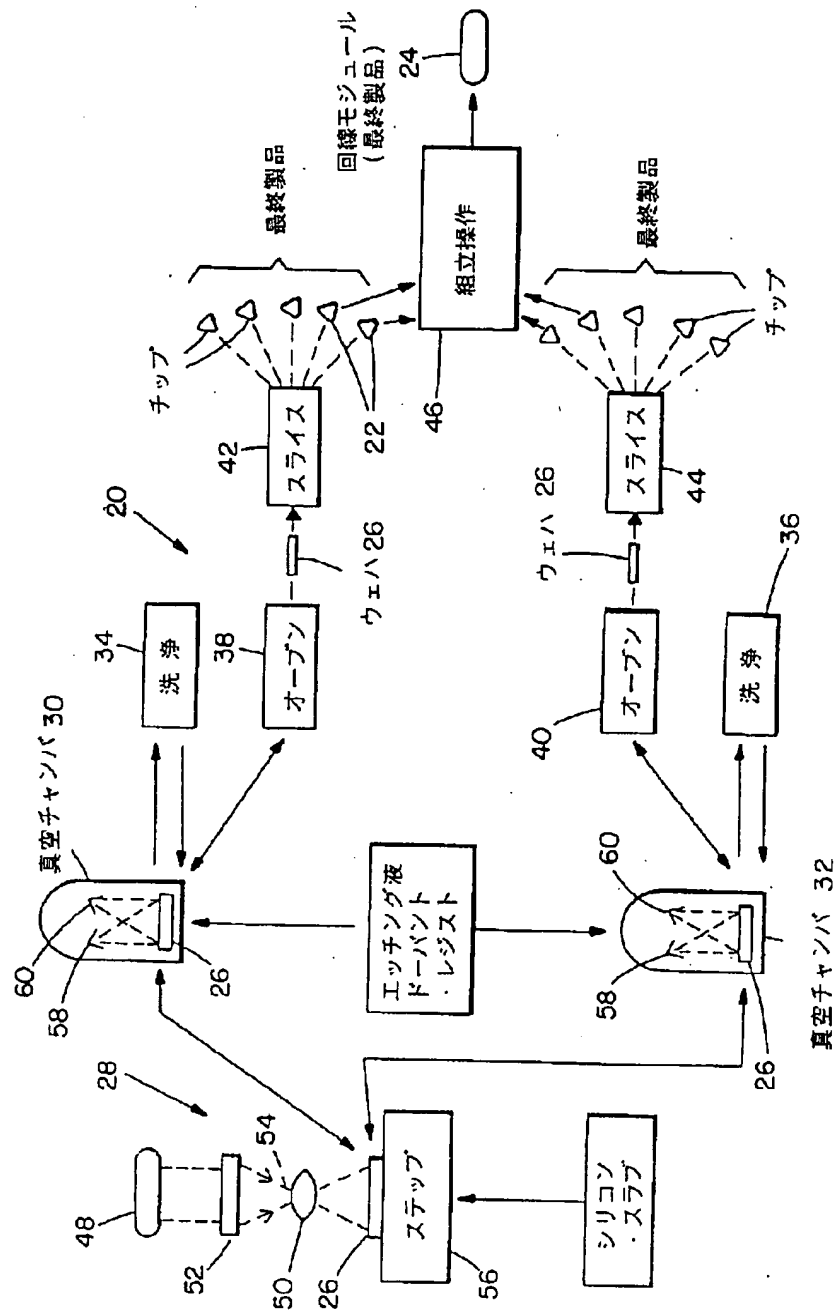
【図6】



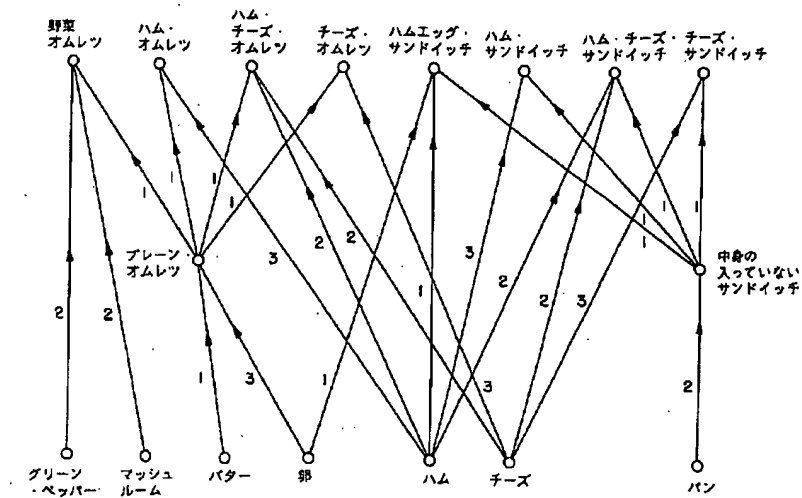
【図8】



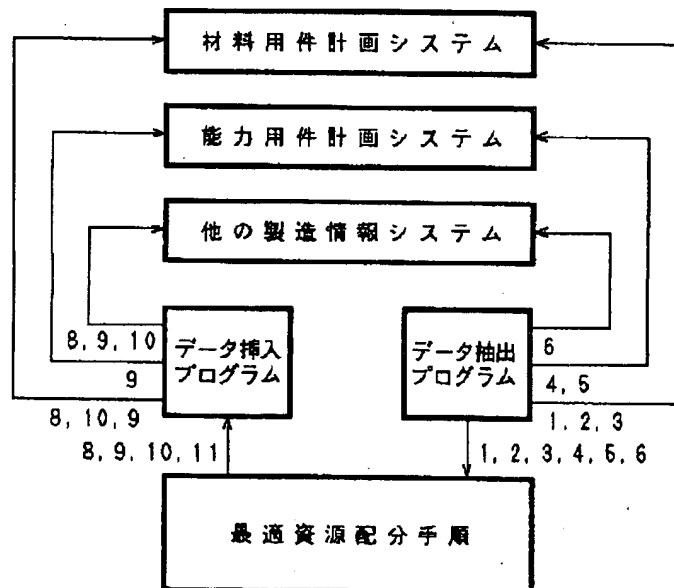
【図1】



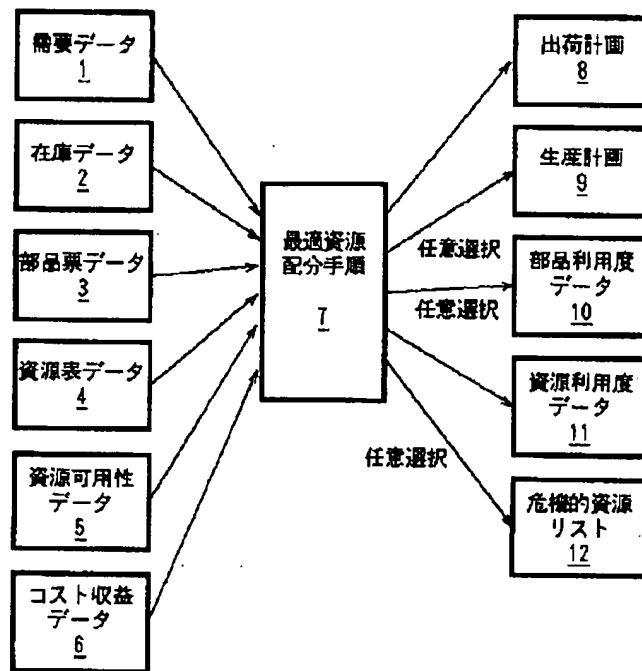
【図7】



【図9】



【図10】



フロントページの続き

(72)発明者 ロバート・ジェイ・ウィットロック
 アメリカ合衆国10562 ニューヨーク州オ
 ッシング ブライドル・パス アパートメ
 ント5-3